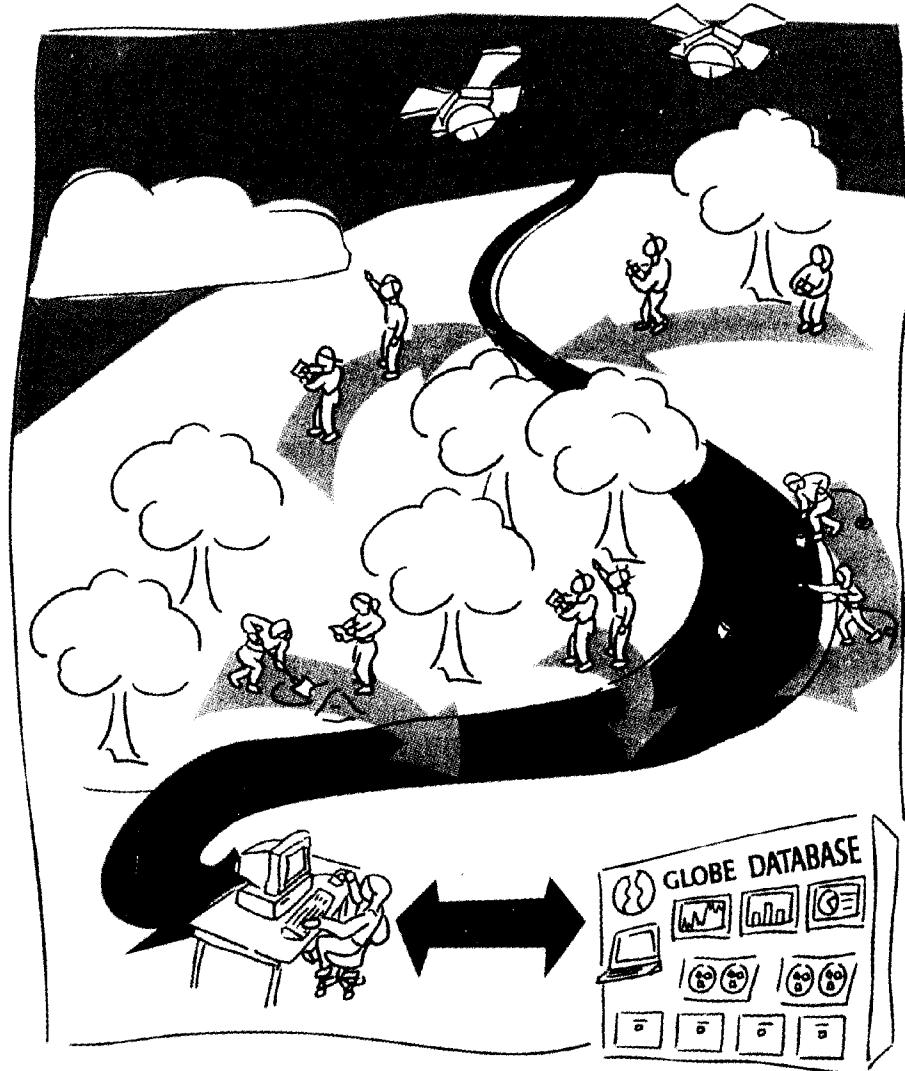


**G
P
S 调查**

GPS 调查



一项 GLOBE 学习调查



GPS 调查概览

规则

只需测量一次：

记录下列研究地点的经、纬度和海拔平均值及初始记录时间。

包括：大气、水文、土地覆盖、生物、土壤特性、土壤湿度和你们学校（GLOBE 研究点的中心）。

GPS 调查顺序建议

尽快向 GLOBE 预约一个 GPS 接收机。有关手续见 GPS 规定中如何进行 GPS 测量一节。

阅读“欢迎参加 GPS 调查”材料。

每个学生各持一份科学家来信及科学家访谈录。

阅读调查规定，准确地掌握测量什么，怎样测量。

收到 GPS 接收机前，借助陆地卫星图像、各种地图和实地考察确定每一个 GLOBE 测量地点。

当收到 GPS 接收机后，按照规定中的测量程序，指导学生在学校附近做些实验测量。

当你和学生们感到操作接收机得心应手时，再到每个 GLOBE 测量点进行实地测量。

完成测量和计算后，尽快将结果报告 GLOBE。

如果一处或多处测量点被树木遮盖，不能进行定位时，可利用其他测量手段辅助 GPS 测量以完成确定测量点的位置。除了测量规定，这是唯一不使用 GPS 接收机的活动。

如果学生们对测量感到困难或对与全球定位系统有关的更深一层的活动感兴趣，可组织一个或几个附加的活动（相对与绝对的定向，利用角度测量，什么是正确答案？）。

尽快将 GPS 接收机返还 GLOBE。重申一遍，如何进行 GPS 测量一节中有详细的操作说明。祝好运、愉快！



注意事项

从 GLOBE 借的 GPS 接收器必须还回，或者从当地有关单位借 GPS 接收机。

目 录

· 欢 迎 ·

科学家给学生的信	欢迎 - 5
访问 White Smith 博士	欢迎 - 6

· 引 言 ·

概况	引言 - 2
准备实地测量	引言 - 3
学生的学习目标	引言 - 3
评估学生	引言 - 3

· 规 则 ·

如何进行 GPS 调查	规则 - 2
基本的 GPS 测量规则	规则 - 4
辅助 GPS 测量规则	规则 - 8

· 学习活动 ·

什么是正确的答案	学习活动 - 2
相对与绝对定向	学习活动 - 10
使用角度换算	学习活动 - 18
天体导航法	学习活动 23

· 附 录 ·

数据工作表	附录 - 2
辅助测量数据表	附录 - 3
词汇表	附录 - 4
GLOBE 网上数据输入表	附录 - 6



* 科学家给学生的信

* 访问 White Smith 博士

科 学 家 给 学 生 的 信

复印并分发给学生

亲爱的 GLOBE 同学们：

我们共同生活在一个孕育着无限宝藏的星球上，这是上帝赐予我们的福祉，因而看护我们赖以生存的环境是每个人的神圣职责。GLOBE 计划也可谓天赐良机，我们藉此可以更深入地认识周围的世界。

简单地对环境感兴趣，其精神可嘉，但是我们不能驻足于肤浅的了解，而应志在有所作为。只有通过科学测量，我们才能够针对不同的问题将数据分门别类，进行客观的比较。如此这般，我们才能够宣称已经为决策建立起信息基础，不至于迷失方向。

我是一名 GLOBE 计划科学家，负责指导你们使用全球定位系统的卫星导航技术。你们将使用手持设备接收来自太空 20200 公里的卫星同步信号，来精确地测定你们的经纬度，可从一张卫星照片上找出你的家和学校。当你们提交测量结果时，你们会帮助参加 GLOBE 计划的科学家和学生从地理上将所有的 GLOBE 测量结果联系起来。



在进行 GLOBE 测量和提交数据时，请注意保持数据一致性。如果说对科学或质量不感兴趣，那么你就问他，当他的亲人服用抗生素得以病情康复时，或当他的情绪平静时他的态度是否会有改变呢？GLOBE 计划促使我们把科学、数学和地理知识应用到实践中去，只有通过实际的操作，我们才能真正探索出世界运作的规律。

这项计划涉及的人数众多，但是你们是最权威的，因为只有你们才真正了解你们自己的家园。我期待着与你们一起携手并肩，共同创造丰硕的劳动成果。

White Smith 博士
(怀特·史密斯)

School of Electrical Engineer
Georgia Tech
Atlanta, Georgia 30332
USA

访问 White Smith(怀特·史密斯)博士

复印并分
发给学生

White Smith 博士是美国佐治亚州亚特兰大市佐治亚技术学院的研究工程师。

GLOBE: 你需要什么类型的数据,为什么需要它?

Smith 博士: 我需要你们的纬度、经度和海拔高度,以便我们可以在卫星图像中找到你们的位置。其它科学家需要知道你们在这些图片中的准确位置,从而将你们的测量结果与其它地区的进行比较。

GLOBE: 为什么不只使用地图呢?

Smith 博士: 我们需要在卫星图像上确定你们的位置。陆地卫星图像上每个像素的边长是 30 米,而使用地形地图时,精确到 30 米是很困难的。

GLOBE: 全球定位系统是否将取代手持式指南针?

Smith 博士: 不, GPS 不能告诉你方向,它只告诉你在什么地方。指南针指示方向,但不能告诉你位置,因此我们两种都需要。

GLOBE: 以前有学生使用过 GPS 技术吗?

Smith 博士: 是的,许多人都用过,如童子军、长途旅行。驾驶船只或飞机的人也要用到。

GLOBE: 谈谈你自己吧,你在哪里长大的?

Smith 博士: 我出生在北卡罗来纳州东部一个叫做 Goldsboro 的小镇,并在那里读完高中。

GLOBE: 你有家庭和孩子吗?

Smith 博士: 没有,甚至没有任何宠物。但我有许多学生。

GLOBE: 你什么时候对科学感兴趣的?

Smith 博士: 可能由于科学是探索真理的,所以我一直对科学和技术感兴趣,尤其是电子、机械类。到电子工程学校工作后,我发现无线电

和通讯最有趣。

GLOBE: 在你的科学领域里,什么是你想知道的呢?

Smith 博士: 我想更深入地了解电磁场——电场和磁场是如何相互作用的——和概率。这些对于我总是难题。即便那些学习成绩得“优”的人也不一定真正懂得它们。

GLOBE: 在电学方面你想知道些什么呢?

Smith 博士: 我希望更深入地了解电的工作机理。我们知道电在工作,但不真正知道它是如何工作的。

GLOBE: 那是可知的吗?

Smith 博士: 我想那儿有无穷的事情需要你去探究,如果能了解其中的一丁点,你就做得相当不错了。

GLOBE: 你从事工程方面的研究,你是如何把它和科学联系起来的?

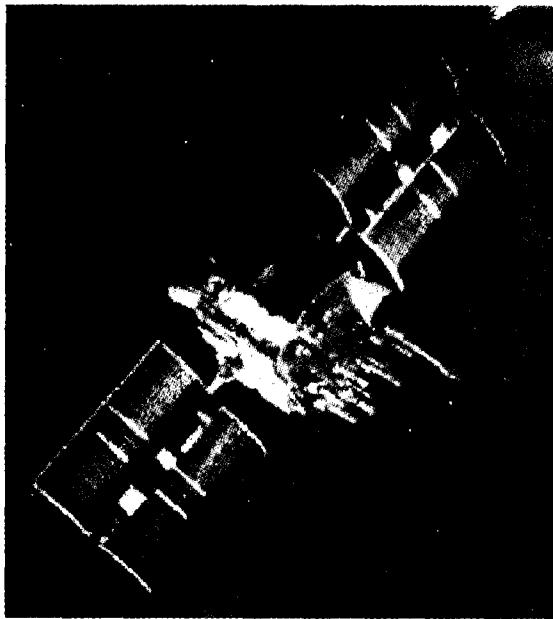
Smith 博士: 力等于质量乘以加速度。这一定律古已有之,但人们很久以后才真正认识到。工程师的职责是将这些规律应用到现实工作中。科学研究过程总是先提出假定,然后验证它,看你是否发现了规律。其实,工程师也从事类似的过程。只是发现规律还不够,最终还得应用到实践中。从这个意义上讲,工程师的工作是物化科学家的发现。

GLOBE: 所以你在运用这些知识创造新的技术?

Smith 博士: 我既研究它也运用它。当我研究它时我是科学家,运用它时我是工程师。

GLOBE: 你面临的最大挑战是什么?

Smith 博士: 三年前我得到了一对有十层楼高、直径为 100 英尺的卫星天线——比大多建筑物都大。它们原属于 AT&T 公司。



GLOBE: 这些都交给了你?

Smith 博士: 是的, 它们被闲置在亚特兰大南 65 英里的玉米地里。乔治亚技术学院拣到了它们。有人问我:“用它们做一些事吧?”我说:“好, 做什么?”他们说:“一些事。”我说:“好。”所以我带领学生到现场查看是否能安装上无线电设备来听听星星的噪音或与卫星联系。两年后, 当 Shomaker - Levy 彗星在 1994 年夏天撞击木星时, 我们将天线转向木星。我们测到了来自木星的无线电噪音, 希望找到这些噪音与彗星撞击影响的关系。因此我和学生们成功地利用废弃物建造了射电天文学和卫星通讯设备。那是一个大的挑战。

GLOBE: 你怎样度过你的一天?

Smith 博士: 我没有典型的一天。星期六, 我和学生们到天线设备那里去。一个学生可能安装马达使天线转动, 另一个学生可能在连接马达与计算机。

GLOBE: 你说马达时……

Smith 博士: 我说的是体积象废纸篓的电动马达, 它能够使一个十层楼的建筑物慢速的转动。我的设备是一些巨大的盘形卫星天线,

我要它们上下左右转动。这是星期六的事。一周里我要讲课、会见学生以及与他们讨论问题。我要花很多时间, 用在 GLOBE 和其它的项目上。我还要花时间写计算机程序和报告, 以及做分析。

GLOBE: 你有实验室吗?

Smith 博士: 天线设备就是实验室。在校园里还有实验室, 我们在那里设计、建造、测试那些要安装在天线上的设备, 但天线设备确实是我的实验室。

GLOBE: 小时候, 谁是你心中的英雄?

Smith 博士: 宇航员。

GLOBE: 现在还有吗?

Smith 博士: 大概是圣经中的人物, 他们表现出信念的力量。

GLOBE: 信念在你工作中重要吗?

Smith 博士: 是的, 它对每个人做的每件事都重要。踏在地板上并希望它能支撑你需要一些信念。

GLOBE: 科学的奖赏是什么?

Smith 博士: 如果你能看到一些事完美的做好, 这很好; 我建造设备, 然后用它帮助其他人观察一些东西。从 GLOBE 的数据中能得到什么奖赏呢? 对于我, 能够看到学生们开朗的笑容就是最好的奖赏。

GLOBE: 学生们参加 GLOBE 有何益处?

Smith 博士: 我相信他们会有收获, 表现在两方面: 一是认识自然, 二是借助科学技术来影响自然的能力。大多数学生把科学技术看作一个他们不了解的神秘的黑箱。那里是存在着神秘, 但我们已经获得礼物——允许我们思考周围正在发生什么, 并能够观察和鉴定它们。

GLOBE: 进入 21 世纪, 你认为学生们需要对科学技术有个基本理解吗?

Smith 博士: 是的, 一些人害怕科学技术, 一些人则愿意接受它。不愿意利用科学技术的

人将变成二等公民。如果这些人认为：“我不知道怎样设计录像机(VCR)，但我以此为自豪”，那他们将比其他人少许多手段。我们可以比较下列现象：一些人愿意使用计算机工作，而另一些人则不。

GLOBE：关于你的领域你能告诉学生什么吗？

Smith 博士：科学和工程学是需要花许多时间和努力的领域。进入这一领域以及乐于发现的人将满足于自己的职业。

GLOBE：对于那些对科学研究感兴趣的同学们你有什么忠告吗？

Smith 博士：试着找那些愿意成为良师的成年人。与他们交谈，相互影响，并试着做些事。

GLOBE：你当学生时有良师吗？

Smith 博士：一位老工程师对我非常非常有帮助。小时候我梦想进入无线电业余爱好者协会，因为我想接触好多懂科学技术的人。

GLOBE：所以在你是学生时，你就觉得这是你的奋斗方向？

Smith 博士：每一代人都有自己的问题。第二次世界大战期间是极权主义。然后是害怕核战争。60年代的美国，年轻人质疑并对抗政府当局。70年代人们开始关心环境问题。如果人们关心环境问题，那么政府机构就要弄清环境问题的后果。在科学与工程学中你要学习如

何将数字与事情或事件联系起来，如此你就能够进行测量，定量地、客观地弄明白正在发生的事。例如，你可能支持使用太阳能，但未必知道你讲的是什么。然而如果你是一名工程师或者科学家，就可以知道每平方米的阳光有一千瓦，知道建造一平方米太阳能电池花费多少，知道太阳能电池的效率为10%，因此每平方米可以得到100瓦电能，现在我们知道了阳光能产生多少电。我们可以将这些数字放进去，对影响世界和生物圈的某些机理作出令人理性的陈述。

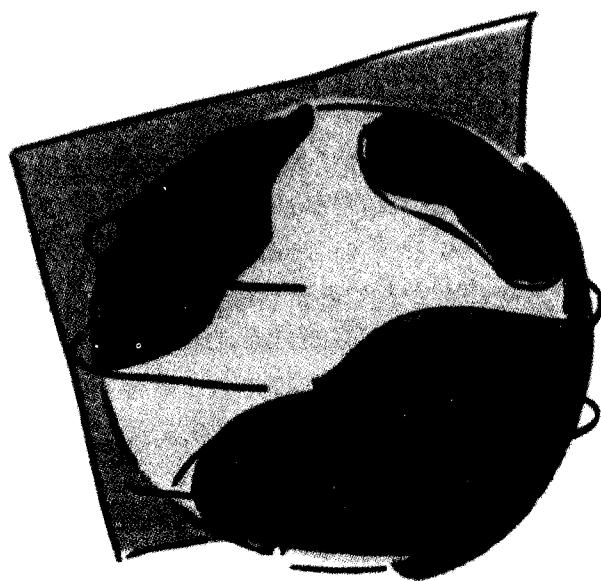
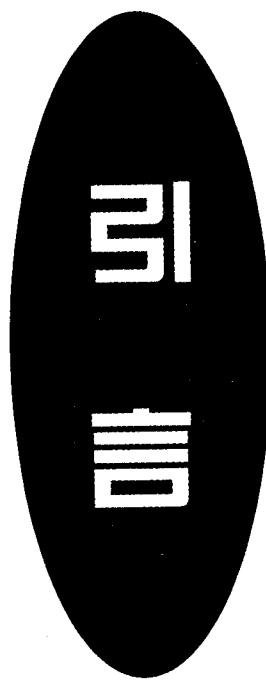
GLOBE：目前你研究领域的前沿课题是什么？

Smith 博士：电子工程学中的两大领域：一是诸如寻呼机、移动电话之类的个人通讯；二是像光纤和光操作的计算机之类的光学设备。一根比发丝还细的玻璃纤维能够传导的数据足以令人瞠目结舌。

GLOBE：科学发现有极限吗？

Smith 博士：许多人把科学看作试图从上帝那里窃取秘密。科学家的能力也是有限的，不可能揭示全部的未知。从未知通向知识的道路仍然十分漫长。我们有责任看护我们的地球，因而我们没有理由不去努力理解它、善待它。学生们在这方面会大有用武之地。他们的数据会使我们更好地掌握世界的运作机理，从而作出更为明智的决策。





* 概况

* 准备实地测量

* 学生的学习目标

* 评估学生

概 况

概述

全球定位系统(GPS)接收机是一种手持的仪器，它能够直接从空中的GPS卫星接收数据。学生们使用GPS接收机可以确定经纬度表示的所在位置；可以在世界的各个角落测量，其导航定位精度在100米以内。如果对多次结果取平均值，其位置精度可在30米以内，这个范围正与陆地观测卫星图像像素的分辨力相吻合。因此，如果学生们选30米×30米的区域作为GLOBE研究点，就可以准确地在陆地卫星图像上确定自己的位置，与一个像素相对应。

GPS的最初设计目的是用于军事，但现在主要是民用。作为GLOBE的一部分，我们希望学生们确定学校和研究场所的经纬度。这些数据可显示出生物圈测量地点的位置并将被全世界的科学家和学生使用。如果你还没有GPS接收机，可以向GLOBE计划办公室借一个。如果你是美国的GLOBE学校，GLOBE计划办公室可以借一个给你。如果你是其它国家的GLOBE学校，你可以向当地的GLOBE协调员借一个。详情请见“GPS测量第二部分”。

卫 星

宇宙飞船有很多种。无人驾驶的宇宙飞船，例如麦哲伦号、海盗号、伽里略号已经被送到水星、火星、木星进行物理测量并将数据送回地球。旅行者1号和2号观测了几个行星之后于80年代飞出了太阳系。1995年，伽里略号宇宙飞船将探测器放入木星的大气层。当探测器穿过大气层时，冒着严酷的大气阻力和温度，将探测到的信息发送到伽里略号，再由伽里略号转发给地球。

有人驾驶飞船，象阿波罗系列飞船、航天飞机（太空穿梭机）和Mir空间站已载人工作。和无人宇宙飞船不同，这些航天器需要空气、控制温度、食物和其它供人类生存必要的设备。基于这些原因和安全的要求，载人飞船

比无人飞船昂贵和复杂得多。因此人能够在飞船上灵活地处理突发事件，并能体验和享受外层空间的乐趣。

我们把围绕庞大的天体轨道旋转的航天器称作卫星。当伽里略号飞船到达土星时速度放慢，然后进入环绕土星的轨道，变成土星的卫星。当我们发射一颗卫星进入地球轨道，它就成为地球的人造卫星，如同月亮是地球的天然卫星。地球轨道上的人造卫星所履行的任务不胜枚举：长途电话、电视、数据通讯、气象、自然资源观测、军事监控、基础科学测量等。

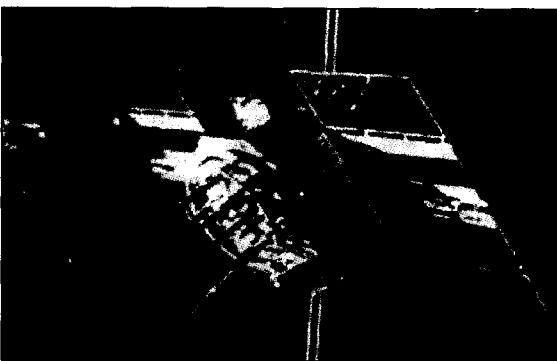
月亮距离地球384500公里，它沿轨道旋转一周是一个月。由于燃料有限或者需要执行近地观测，航天飞机和其它观测卫星可在距地球几百公里的空间飞行。这些“低轨道”卫星最少只要90分钟就可以完成一圈的观测飞行。通讯卫星轨道距地球35792公里，在这样的高度，这些卫星环绕地球正好是一天，该轨道称作“地球同步轨道”。在地面观看时，同步轨道上的卫星总是出现在同一个地方。因此，对着同步卫星的天线没必要转动。

把同步卫星与月亮和航天飞机比较一下。绕地球一周，月亮需要一个月时间，而航天飞机只需几十分钟。

GPS 卫星

全球定位系统包括一系列卫星、地面控制站和使用GPS接收机的用户。见图GPS-I-1。这些卫星都是无人驾驶的。他们是由

图GPS-I-1：全球定位系统卫星



不可回收的火箭送入轨道的。由 24 颗距地球表面 20200 公里 GPS 卫星在六个轨道面构成星座。卫星大约用 12 小时环绕地球一圈。因为这些卫星被放置在不同的轨道上，因此地球上任何一点的地面上观测者至少可以看到 4 颗 GPS 卫星。

GPS 卫星由太阳电池提供动力，计算机实施控制，通过无线电与地球进行通讯。每颗卫星有 4 座非常精确的氢原子钟，在 15 万年内只有一秒的误差。每颗卫星发送由时钟产生的测距信号。无论接收机在地面、海洋、空中还是太空，GPS 接收机处理接收到的至少 4 颗卫星的测距信号，从而确定接收机的经纬度和高度。

《科学美国人》杂志 1996 年 2 月（274 卷第二期 44~50 页）作为封面故事介绍了 GPS 技术，这证明了这项技术正迅速普及应用。

准备实地测量

在 GLOBE 计划中 GPS 接收机将是学生们使用的最复杂的仪器。这个调查项目中的一些活动要用到 GPS 接收机，教师和学校可以向 GLOBE 借用一周。最好是在牢固地掌握了科学知识，并具备了科学研究的基本技能后再使用它。

运用 GPS 调查将使 GLOBE 与其他学科融会贯通，诸如社会科学（考古乃至不同文化和人群的类同与差异的社会背景、数学以及偏重观察与记录技能的视觉艺术等）。

学生的学习目标

科学概念

对我们来说，GPS 调查的基本概念问题是：

1. “我在哪里？”
2. “我如何认识？”

而解决上述问题的系统方法是：

1. 描述地点的相对地理定位：(1) 参照物的描述（“我在学校”）；(2) 方向描述（东、西、南、

北）；(3) 绝对位置的确定（经纬度）。

2. 地球和它的卫星——人工的、自然的和 GPS 导航。

3. 数据质量和仪器——怎样使用，为什么使用仪器以及如何使我们确定数据的真实性。

4. 数学计算——测量中应用到的几何学和三角测量学。

科学处理技能

在 GPS 调查中学生要做到：

有鉴别力地观察事物，确定观察中的相同点和不同点；在他们观察的基础上提出问题；能规范地表达和记录观察到的现象；处理、分析、综合这些观察和数据得出基于这些观察和数据的结论；交流观察结果、问题和想法。

评估学生

GLOBE 调查将为学生从事科学和数学研究提供吸引人的机会。老师的任务是了解学生们在此过程中的进步——他们如何成长——比他们如何完成有些规定重要。当考虑到学生们的安全、仪器的花费以及所需的正确数据时，工作表现显得十分重要；但真正的教育目的是培养学生系统的和思辨的科学处理技能。尤其是，你可以通过比较学生的表现与上面列出的标准来评估他们。

评估学生有以下方面：

1. 观测——学生们能辨别并列出详细情况吗？他们能描述观测到的现象吗？

2. 比较与对照——学生们能找出现在与过去观察的现象中存在的不同和相同点吗？怎样把现在的数据与过去的经验联系起来？也就是说，他们在哪见过相似的东西。他们能解释不同点吗？例如，用经纬度、方向或数学方法来解决问题。

3. 提出问题——能向其他学生、老师、或者其它团体（包括科学团体）的人提出问题吗？要求学生们记下自己的问题。鼓励他们记下在测试时临时想到的问题。

4. 记录——在技能和概念上评估学生最容易的方式可能是看他们如何记录。无论在活动中还是以后，通过学生们的 GLOBE 科学笔记本，论文、报告（书面的或口头的），能够评估他们如何记录自己的想法、见解，甚至问题。年纪小的学生能以画图方式记录。对这些图的讨论能感受到学生们的思考过程。电子记录方式对评估也有帮助，范围从任何年级学生的音频、视频记录到 GLOBE 邮件的复印件以及用计算机绘制的图表。

5. 概念性强的和思辨的思考方式——学生们能跳出现成的问题和任务的框架，从而产生自己的模型，形成自己的问题并解决这些问题吗？为学生们设计数学问题比较容易，你可以常提出诸如“如果怎样”或“为什么”这类问题。

一些活动像卫星模拟或附加的 GPS 测量鼓励学生采取思辨的方式思考问题。在活动过程中观察学生们的注意力、效率和毅力，对评估是有帮助的。同样，在任何时间他们能为你评估这些情况吗？

6. 交流——交流能力比其他技能更重要，它对学生们未来是否能成功起关键性作用，同时也是最难评估的。语言技能的评估是关键。对于任何年龄，在活动中表现的数学交流技能和其他人之间的关系是至关重要的。尽管困难，同等人间的评估技术是特别有价值的。学生们相互之间能评估吗？

优质的教育评估过程的运用能够激励学生，可对他们的发展产生巨大影响。



规 则



- * 学生们应该学习 GPS 的基本知识
- * 从 GLOBE 办公室或其它地方获得 GPS
- * 在学校附近练习 GPS 测量
- * 在指定地点进行 GPS 测量
- * 将 GPS 数据发送给 GLOBE
- * 返还 GPS 接收机

如何进行 GPS 调查

准备

观测地点

学生们必须确定自己学校的经纬度、海拔，它是 GLOBE 研究点（包括大气、生物、水文、土壤湿度以及每个土地覆盖和土壤特征采样点）的中心。GLOBE 计划可提供手持全球定位系统卫星接收器，见图 GPS - P - 1。通常一个学年只能借用一次 GPS 接收器。在借接收器之前，你应该确定来年学生们将要进行测量的 GLOBE 采样点或观测点。

地 点	GPS 测量位置
学 校	主入口
气象站	仪器附近和雨量器的位置
水文站	表面水样品采集点
生物观察站	30m × 30m 生物量 重复测量地的中心
土地覆盖采样地	90m × 90m 土地覆盖评估地的中心
土壤特征采样点	土壤剖面所在处
土壤湿度研究点	星型模式中心或 横断面的中间

GPS 测量地点

大气和土壤湿度研究点开阔，因此能很好地接收到卫星信号；但是水文学和生物学研究点由于浓密的树冠遮盖可能影响 GPS 的接收。确定学校位置应在学校的前门或主入口处，但是建筑物常常在一定范围妨碍卫星信号的接收。解决此问题请查阅 GPS 规定附件。

采样频率

每个观测地或采样地的经纬度、海拔只需要用 GPS 定位一次。

GPS 测量使用的仪器

GLOBE 计划的 GPS 接收器由 Navstar Consortium (UNAVCO) 大学负责保管。

美国的学校可以直接向 UNAVCO 借用。国家协调员也可以向 UNAVCO 借，以便供美国以外的 GLOBE 学校使用。UNAVCO 的联系方式如下：

网址：<http://www.unavco.ucar.edu/>
电子邮件地址：globe@unavco.ucar.edu
电话：1 - (303) 497 - 8000
传真：1 - (303) 449 - 7857
地址：UNAVCO/UCAR
PO Box 3000
Boulder, CO 80307 - 3000 USA

请将接收器还到：

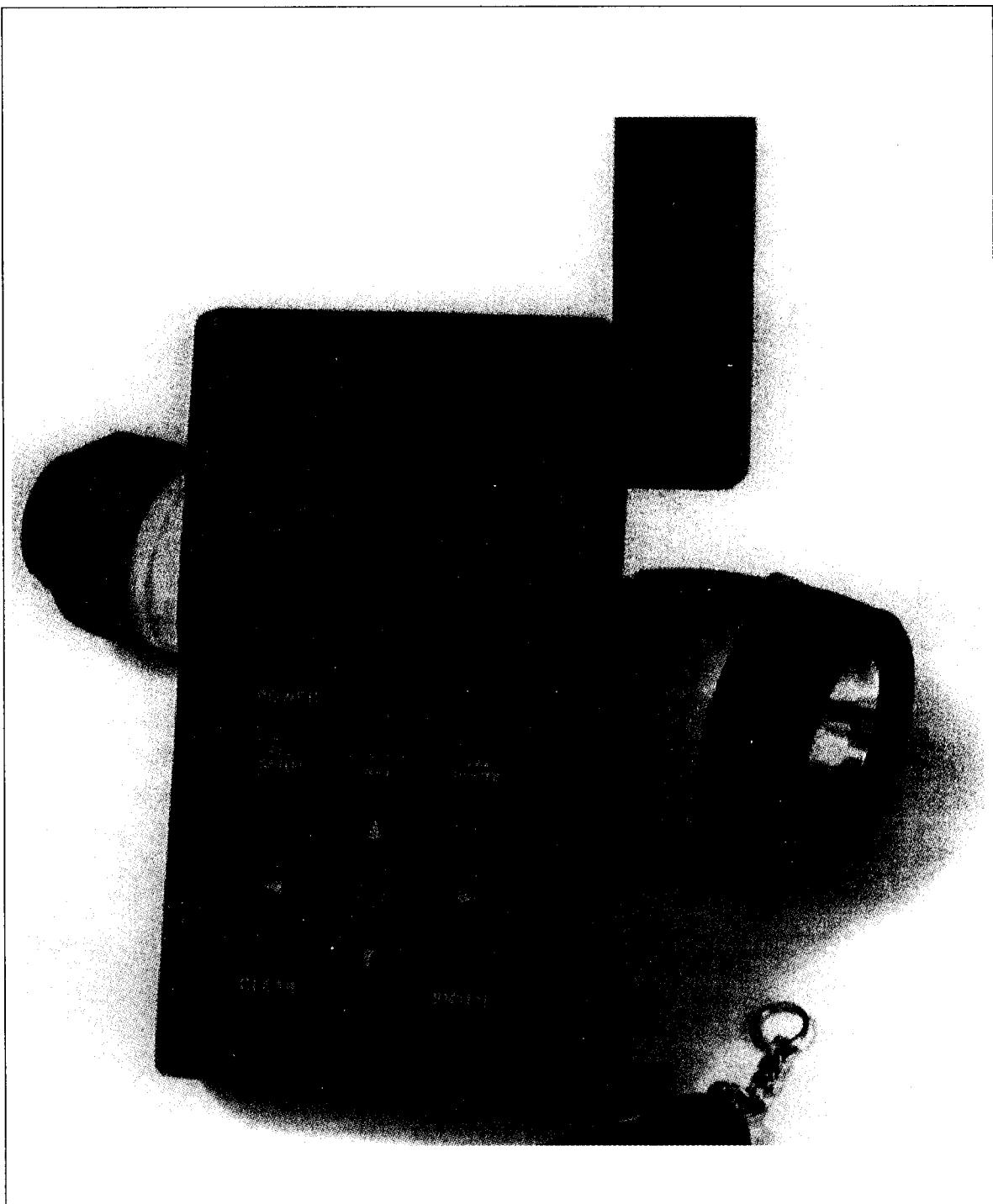
UNAVCO/UCAR
3340 Mitchell Lane, Suite 393
Boulder, CO 80301 USA

你可以向本地的户外爱好者或调查员借用 GPS 接收机，但是应保证它们符合所要求的基本功能。这些设备正在降价，有些学校甚至可以购买自己的 GPS 接收机。因为我们的 GPS 接收机数量有限，希望你们有可用的仪器，因此用其它品牌的 GPS 接收机测得的数据也可以接受。无论何种情况，当你将 GPS 定位数据输入万维网数据录入表时，要标明你的接收机类型。

GLOBE 计划采用的 GPS 定位精度范围是由美国政府 GPS 服务结构确定的，其准确度为 100 米。欲了解详情请查看 GPS 因特网上的指导明细表。UNAVCO 认为使用 GPS 接收机在一分钟内测量 15 次，并取平均值可将误差控制在 30 米以内。

设计制造 GPS 接收机的工程师们确定一个位置的方法是：推测该点距 4 颗或 4 颗以上卫星的距离，通过每十亿分之一秒从卫星上传出的带有时间标记的信号，获得测距信息，根据观测瞬间已知卫星的位置和运动变化速率，进行几何解算，得出观测地点的具体位置。通过学习可以更详细的了解 GPS 系统是如何定位的。

图 GPS - P - 1:一部手持 GPS 接收器样品。该样品只用于说明目的,GLOBE 不对品牌和型号做特别规定。



基本的 GPS 测量规则



目的

测定学校主入口或前门以及 GLOBE 观测点、采样点的经纬度、海拔坐标时，卫星信号不能被建筑物或树木遮挡。至少要接收到来 4 颗卫星。

概述

GPS 接收机用来测定经纬度、高度。

时间

每个地点 15~60 分钟。

水平

全部频率一次性连续静态观测。

主要概念

经纬度与地图。

技能

查看地图；
使用 GPS 接收机；
使用经纬度坐标绘制专业信息图。

材料与工具

一台 GPS 接收机、电池；
一份 GPS 测量数据表；
一只钢笔或铅笔。

准备

选择地点；
携带 GPS 数据记录表。

必备条件

无。

程序

到达测量地点后每次测量大约用 25 分钟(平均)。

测量之前

选择你希望测量的地方。避开树木等影响卫星信号质量的障碍。

测量期间

1. 至少需要两名学生。一名学生操作 GPS 接收机，另一名记录数据。
2. 按开关按钮打开接收机。转动天线使其处于垂直状态，当接收机锁定卫星信号时，它便显示经、纬度和海拔。你可以拿着或放下接收器，但不要遮挡对着天空的天线。见图 GPS - P - 2。
3. 当接收机显示出至少获得了 4 颗卫星

信号，开始定位，初始状态图标从屏幕上消失时，说明接收机处于待测状态，准备测量。

见图 GPS - P - 3 中 GPS 接收机状态图标式样。请注意图 GPS - P - 3 只代表一个厂家产品的情况，其它厂家可能有所不同。

4. 在不超过 1 米的范围内，用 1 分钟的时间测量 15 次。将对应下列内容的 15 组数字和符号记录在地点定位数据表上。

- a) 纬度
 - b) 经度
 - c) 时间
 - d) 海拔
 - e) 状态图标
5. 关闭接收器。

测量之后

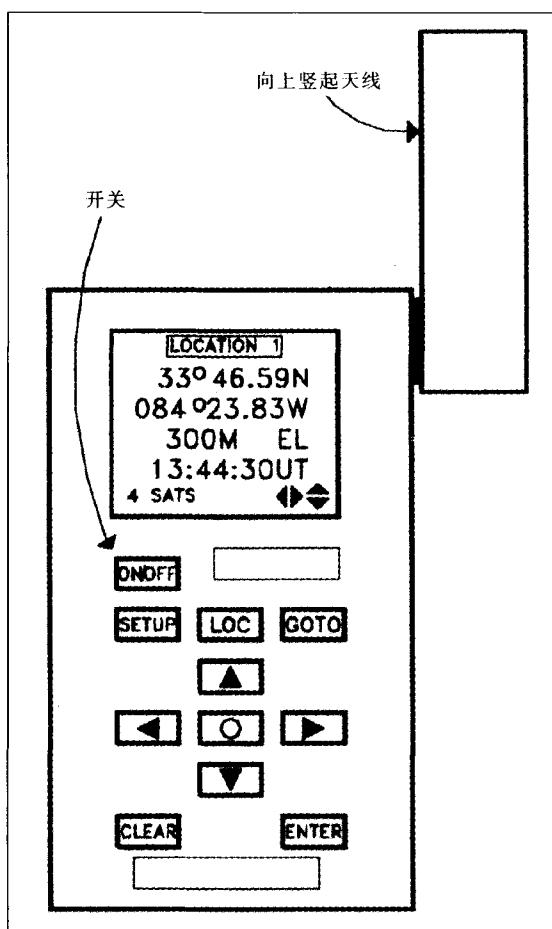
6. 对全部 15 个经、纬度和海拔取平均值。

GPS 学习活动中角度测量将介绍如何来近似角度测量。另外，万维网中 GPS 数据录入页中有一页能为你做平均算术值。

7. 自我确认结果的合理性。

通过查看世界或地方地图，你应该能估算出你的经、纬度。如果接收机出现错误，当你确信接收机出错时，请与 UNAVCO 联系换一台接收机。我们希望你们有能力轻松、有效地做好这些测量，而不希望使用有毛病的仪器影响你们观测。

图 GPS - P - 2: GPS 接收器示意图



8. 将有关你的研究地点的所有 GPS 数据复印并发送到 GLOBE 学生数据档案中心。每个地点的测量都要遵循此规定。使用说明都是针对由 GLOBE 提供的 GPS 接收机而言的。

请注意，其他 GPS 接收机可能有不同的使

用说明。在不同时区，地方时是不同的，UNAVCO 接收机显示的是标准时间，也就是格林威治协调时或地球经度为 0°C 时区的地方时。不管使用什么类型的接收机，我们建议用户仔细阅读厂家的用户手册，了解其特性和如何解决这里没有涉及到的问题。

如果你使用其它的接收机，要保证该接收机具有下列功能：

用度、分、小数分(精度 0.01)表示经、纬度。

屏幕上显示的时间 UT 世界协调时，以时、分、秒表示，

使用 WGS - 84 参考坐标系，并且用米表示高度。

出现问题怎么办？

锁定足够的卫星所需时间

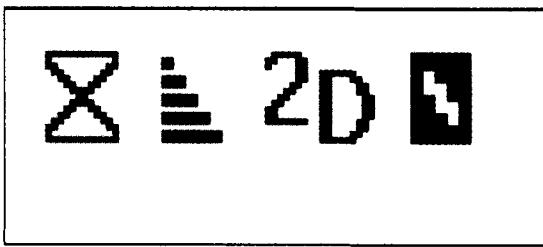
GPS 接收机启动后，需要 3 分钟（典型情况）到 20 分钟（最差情况）来搜索足够多的卫星信号以便进行测量。UNAVCO 接收机送出时都安装了新的电池并附有备用电池，如果接收机在按下开关 (ON/OFF) 后不启动，可能需要新电池。当接收机长时间在空旷地带不能锁定足够卫星时，可试着更换新电池。

接收机不显示经纬度

接收机有许多显示功能，而不仅仅是定位信息。请详细阅读用户手册。

在完成所选场地定位测量后，你可以使用其它的功能做实验。不用这些功能时，按 LOC 钮回到“位置 1”(Location 1) 显示屏。图

图 GPS - P - 3: 由 UNAVCO 提供的 GPS 接收器所显示的状态图标



GPS - P - 3 是由 UNAVCO 提供的 GPS 接收机所显示的状态图标。

出现状态图标或较差质量信号图标

当出现图 GPS - P - 3 的现象时不要记录数据。如果接收机上方有大片天空,稍微移动接收机或等一会儿这些图标会消失。过紧地握着接收机或接收机周围围着人群会遮挡接收机接收卫星信号而丢失提示图标。此时应后退或高高举起接收机。浓密的树叶或树冠可能使接收机无法锁定所需要的 4 颗卫星。因为卫星在天空移动,所以过一会儿再试,可能收到较好的信号。如果问题仍存在,请做辅助 GPS 测量。

如果你不能在 GLOBE 学生数据服务器填写学校地点数据输入表或观测地点数据输入表,请将每一个测量地点的数据表复印一份后寄给 UNAVCO(见上面的地址)。如果你使用 UNAVCO 提供的接收机,可将接收机一起返回完成的数据表。把这些数据表的复印件和你们学校其它的 GLOBE 观测数据表复印件放在一起保存好。

全世界许多学校共享有限的接收机。当你有接收机时,尽情地享用它,但应及时返还以便帮助下一所学校完成此调查。

提交 GPS 测量数据

完成实地 GPS 测量和取得平均值后,通过数据录入表提交测量结果。
每项测量中附有录入表。本指南的附录中附有学校地点数据录入表。经、纬度要求精确到 0.01 分,这与接收器显示的相一致。每个地点的数据要求包括:

测量值	单位
平均纬度	[度、分, 如北纬 35 度 20.27 分]
平均经度	[度、分]
平均海拔	[米]
开始记录时间	[年、月、日、UT 小时分钟]
接收器类型	UNAVCO 代码或厂家、型号、序列号
其它	要求的信息

图 GPS - P - 4:GPS 调查数据工作表实例

GPS 调查数据工作表

地点名称:操场气象站

学校名称:Edgewood Elementary School

学校地址:1601 Peachtree Street

Goldsboro, NC 27530 USA

数据记录人:Jordan Malik

记录时间:1994 年 4 月 19 日

圈上研究点:生物学 土地覆盖 水文学 大气 土壤湿度

土壤特征 学校 其它地点:

观测记录之间至少等待 1 分钟。下列数据是从接收器 Magellan Traiblazer XL 的“位置 1”(“Location 1”)显示屏上记录下来的。

OBS	纬度 度 分 北/南(N/S)	经度 度 分 西/东(W/S)	海拔 米	时间 时:分:秒 UT	#卫星数 卫星	信息图标 当出现时圈上
1	33 46.55 N	84 23.84 W	318	14:33:00	4	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
1	35 20.25 N	77 58.01 W	100	14:33:00	4	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
2	35 20.26 N	77 58.02 W	105	14:34:00	4	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
3	35 20.25 N	77 58.01 W	111	14:35:00	5	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
4	35 20.25 N	77 58.00 W	108	14:36:00	5	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
5	35 20.26 N	77 57.99 W	107	14:37:00	5	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
6	35 20.27 N	77 58.01 W	103	14:38:00	5	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
7	35 20.28 N	77 58.03 W	105	14:39:00	5	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
8	35 20.29 N	77 58.04 W	110	14:40:00	4	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
9	35 20.30 N	77 58.02 W	107	14:41:00	5	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
10	35 20.31 N	77 58.01 W	112	14:42:00	5	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
11	35 20.29 N	77 58.01 W	102	14:43:00	6	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
12	35 20.25 N	77 58.01 W	103	14:44:00	6	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
13	35 20.25 N	77 58.02 W	100	14:45:00	6	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
14	35 20.25 N	77 58.01 W	99	14:46:00	6	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
15	35 20.26 N	77 58.01 W	100	14:47:00	7	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
	35 20.27 N	77 58.01 W	105	平均值		

UNAVCO

纬度

经度

海拔

(303) 497-8003

Gretchen@unavco.ucar.edu

<http://www.unavco.ucar.edu>

UNAVCO/Globe

Magellan

Traiblazer XL

UNAVCO 号码

GPS 接收器提供者

或

Magellan

你

厂家

XL

型号

G0036

序列号

辅助 GPS 测量规则



目的

在 GPS 接收机无法进行准确测量的地点确定经、纬度。

概述

当你想知道某处的经、纬度但又无法用 GPS 接收机直接测量时，向北或向南移动，直到某一点能够成功地使用 GPS 接收机测量时为止，该点称为辅助地点。测量辅助点的经、纬度以及两点之间的距离，然后算出所选地点的位置。

时间

一节课。

频率

每个地点一次。

水平

中级和高级。

主要概念

一个地点的经、纬度可以从它与附近的已知地点的关系推断出来。

磁力变化。

技能

确定你们地区的磁力变化；
使用指南针确定真正的南、北；
用皮尺测量长度；
确定一点的辅助地点；
以度、分表示方位度。

材料与工具

GPS 接收机；
磁性指南针；
皮尺；
钢笔或铅笔；
用于记录测量和计算结果的辅助 GPS 数据表。

准备

确定一些想做 GPS 定位测量但信号被遮挡的地点。

确定你所在地区的磁力变化(见下面)。

必备条件

了解 GPS 测量规定；
几何学。

背景

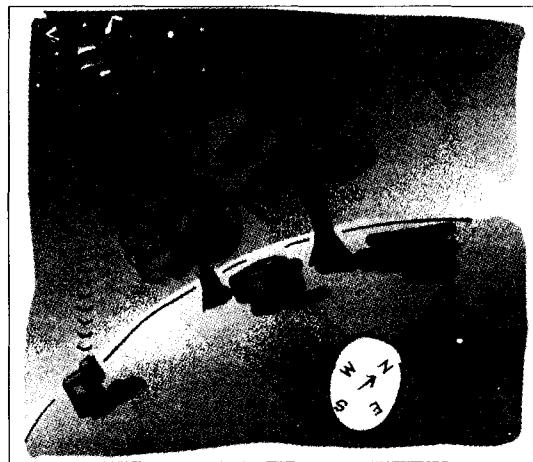
如果因为 GPS 卫星信号被浓密的树叶或建筑物阻隔而无法在研究点或采样点进行经、纬度测量时，该怎么办呢？见图 GPS - P - 5。

你可以移到附近一个 GPS 接收机能收到卫星信号的地点，在此点进行测量。然后测量指南针方向和两地点间的距离。根据以上测量数据便可算出待测地点的位置。通常，你要用三角学知识确定待测位置。然而，如果从待测点移动时自我限制在向北或向南，只用算

术方法和一些有关地球的知识就能确定待测点的经、纬度。

地球近似于正球体。所有横贯赤道和极点的圆周具有相同的长度，我们称其为子午线。将其 40,074 公里的圆周分为 360 份，则一度为 111.32 公里。再把一度平分 60 份，我们便得到每一角分有多少公里或多少米(1.855 公里/分或 1855 米/分)。GPS 接收机定位的准确度为 0.01 分，即 18.55 米。(为什么 GPS 接收机显示的结果可精确到 0.01 分？见 GPS 与角度应用。)

图 GPS - P - 5 : 清晰的和阻隔的 GPS 卫星视野



知道了待测点和辅助点之间的南、北向距离，就可以确定它们纬度的差距。通常，步行的距离可换算为一分的几分之一。

磁偏角

地球上磁南极和北极不是正好与真正的南北极(沿地球的自转轴)重合。地球的磁北极在缓慢的移动，目前位于加拿大西北地区，距真北极大约偏 11 度。另外，地球本身的地磁方向在不同的地点之间存在一定的差异，因此它对地球磁场中任何一点发生的扰动作

用是不同的。

所以，将指南针测出的北方向加上或减去几度便是真正的北方。这种磁偏角取决于你处的位置。例如，在美国北卡罗莱纳州大西洋沿岸附近，指南针的指向比真正的北极偏西 8.5 度。最近一年中，在美国威斯康辛州磁偏角大约变化十分之一度，这表明在你的一生中当地的磁偏角会发生很大的变化，要及时更新标明了磁偏角的海图和地图。

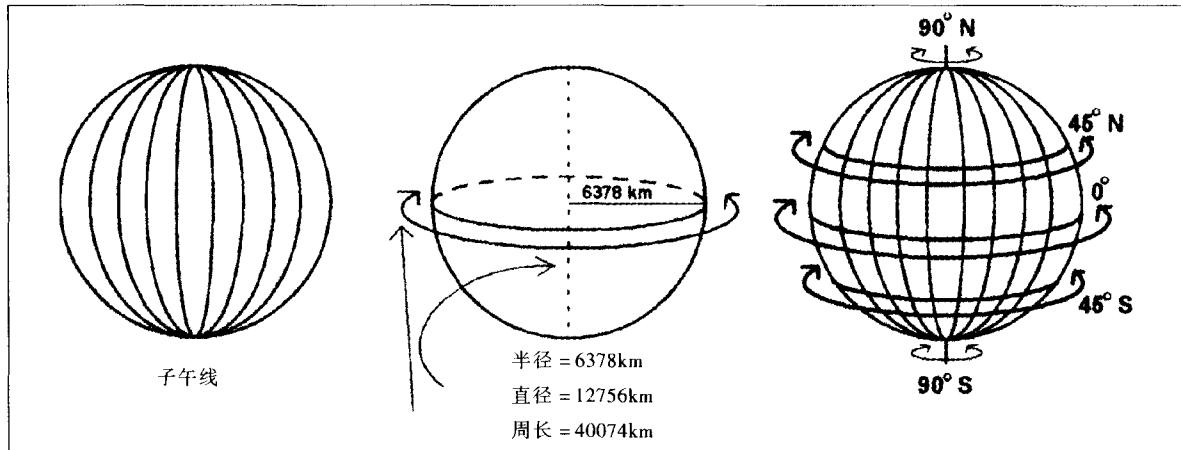
校正这个潜在的误差源有多重要？如果你使用指南针在北卡罗莱纳州海岸向北走 100 米而没考虑这 8.5 度的磁偏角，你就会偏西 15 米。如果想用一个 30×30 米的陆地卫星像素对应你的位置，你就会有一半进入邻近的另一像素中。

· 通过咨询本地区测量员，使用地形图、航海图、航空图的人员或者查阅类似的导航图，你可获得所在地区的磁偏角数值和方向。

怎样用辅助点的 GPS 读数确定位置

1. 确定当地的磁偏角。
2. 到你希望测定的地点，做上标记，试着按 GPS 规则进行 GPS 测量，并确认这种测量是困难的。

图 GPS - P - 6: 子午线、直径、固定的纬度线



3. 使用指南针确定磁性北极。用当地磁偏角矫正方向，找到真正的北方。

4. 向北或向南转移到最近的能够进行直接 GPS 测量的开阔地。这就是你的辅助地点。

5. 进行 GPS 测量并记录经、纬度。标注上辅助地点。

6. 记下辅助地点在待测地的南边还是北边。

7. 测量并记录两地点的距离。在土地覆盖/生物学调查中我们已经讨论过步测技术，可与皮尺结合起来测量距离。

8. 用 1855 米/分除以距离，得到辅助地点与待测点的纬度差。

将测得的纬度值加上或减去该纬度差，便得到待测地点的纬度。参见使用角度学习活动。辅助地点与待测地点具有相同的经度。

图 GPS - P - 7: 按辅助 GPS 数据工作表
(图 GPS - P - 8)进行测量的学生

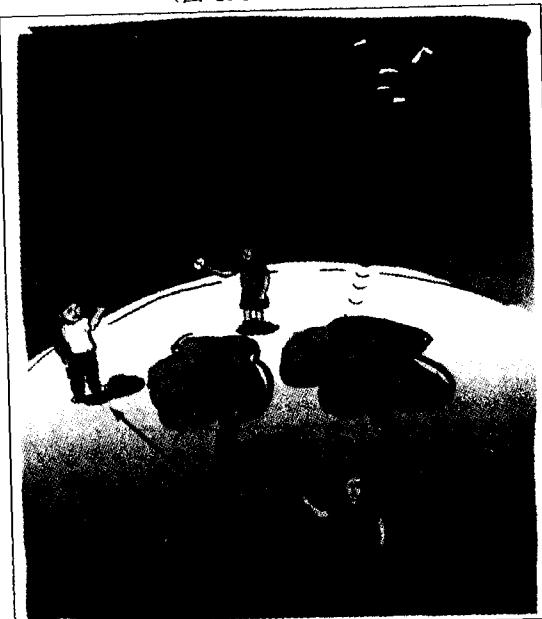
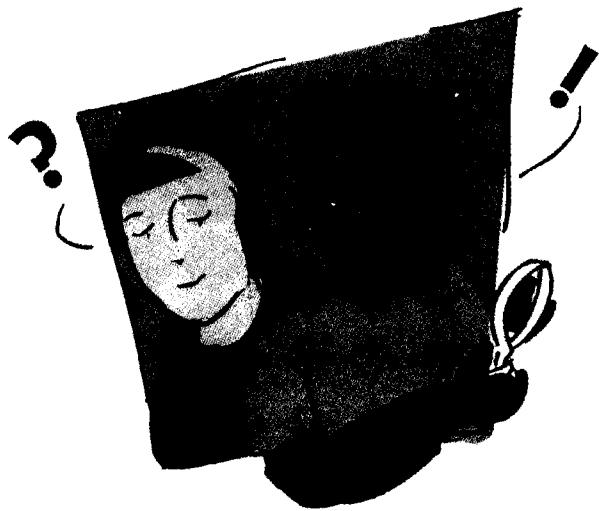


图 GPS - P - 8 : 辅助 GPS 数据表实例

测量		度 m	选择一个 ↓ 分 或 S 分 或 E			
从辅助观测点						
测量的纬度	= <table border="1"><tr><td>32</td></tr></table>			32		
32						
测量的经度	= <table border="1"><tr><td>84</td></tr></table>	84				
84						
预定地点		向	偏 北			
		南				
距 离		= <table border="1"><tr><td>150</td></tr></table>	150	N W S E		
150						
计算						
纬度变化:						
<table border="1"><tr><td>150</td><td>米</td></tr></table> = <table border="1"><tr><td>0.0809</td></tr></table> 分		150	米	0.0809		
150	米					
0.0809						
1855 米/分						
预定点纬度 = <table border="1"><tr><td>56.30</td></tr></table> - <table border="1"><tr><td>0.0809</td></tr></table>		56.30	0.0809	= <table border="1"><tr><td>56.2191</td></tr></table>	56.2191	分
56.30						
0.0809						
56.2191						
(精确到 0.01 分)		= <table border="1"><tr><td>56.22</td></tr></table>	56.22			
56.22						
结合纬度:						
预定点纬度 = <table border="1"><tr><td>32</td></tr></table> 度		32	= <table border="1"><tr><td>56.22</td></tr></table> 分	56.22	或 S	
32						
56.22						
预定点经度 = <table border="1"><tr><td>84</td></tr></table> 度		84	= <table border="1"><tr><td>32.32</td></tr></table> 分	32.32	或 E	
84						
32.32						
(与辅助经度相同)						

距离 150m 0.08

预定地点



* **什么是正确的答案?**

通过一系列的活动,学生们将了解到有些问题没有“正确”的答案。GPS 接收机可有可无。

* **相对与绝对定向**

通过一系列活动向学生介绍纬度、经度、坐标和相对与绝对方向。不需要 GPS 接收机。

* **使用角度换算**

在这些活动中, 学生们将学习有关角度的知识以及如何利用它们计算。介绍度、分、秒, 以及如何将它们转换为带小数点的度数。不需要 GPS 接收机。

* **天体导航法**

此活动中, 两所学校的学生合作, 通过测定天空中太阳的位置确定他们相对的经、纬度。

什么是正确的答案?



目的

使学生了解，有时对于一个问题或者测量，可以没有一个“正确”的答案。

概述

通过比较一天时间的多种测量，使学生明白在探索诸如“现在几点了？”的问题的“正确”答案时要小心谨慎。对有缺陷的测量特征有一个直观理解。使用不同的时钟，学生同时记录显示的时间。将时间测量结果从分、秒转换为秒。用这些结果绘图说明什么是平均值和偏差。

时间

大约一节课。

水平

初级只做时钟比较；
中级和高级完成全部活动。

主要概念

测量水平体现在准确度上；
数学方法可用来计算准确度。

技能

比较时间测量的多种测量结果；
对数据绘图、制曲线图、取平均值。

材料与工具

至少每个学生一块钟表，要能够显示秒；
供每个学生记录时间的笔和纸；
为每个学生复印一份 GPS 调查时间测量表和绘图用表；
可任意选择部分（希望有）：
有加减乘除功能的计算器；
GPS 接收器（作为标准时间源。GPS 接收器不是必须的。如果可能，用它作为高精度同步时钟。）

准备

班内至少要有 10 块钟表。学生们可以使用学校的钟表或从家里带来。

必备条件

初级水平——能够从钟表上读出时间。
中高级水平——绘图和制曲线图技能。

背景

GPS 测量将由分布在世界各地型号各异的仪器经过很长时间才能完成。我们一直在努力推荐准确度高的仪器及适合科学目的的方法。然而由于仪器状况和学生的多样性，测量结果将会有偏差。

什么是正确答案？

当人们测量时，他们常常想知道获得的成果质量。典型的问题如“我距离正确的答案还有多远？”或者“我得到正确的答案了

吗？”这是假定有个正确答案可与测量结果进行比较。

有时存在正确的答案。然而，当科学家开始测定一个量值时，特别是第一次时，他们没有标准可依靠来比较测定结果。如果仅有一台仪器做特定的测量，你没有理由怀疑你记录的结果，那么你就有理由把自己的结果作为标准。

当有多台测量仪器存在或者有人声称能产生“正确的”或更好的结果时就会出现问题。你可能听说过“有两块手表的人不知道时间”。在这种情况下，你，一名科学家，必须决

定怎样对待这些不同的测量值或选择哪些测量结果供你使用。

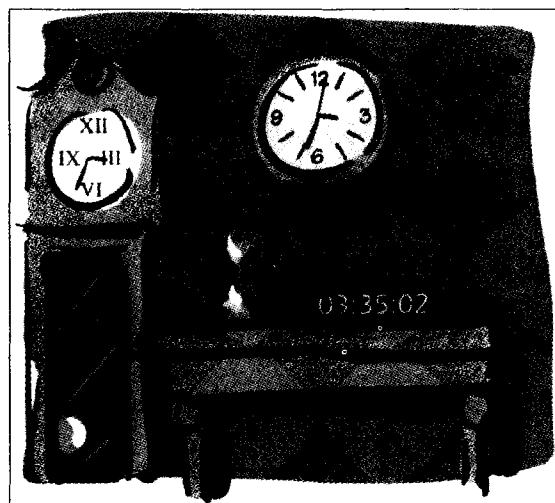
时钟的分辨率和准确度

钟表显示的最小时间单位被称作钟表的分辨率。多数数字钟表本身能够显示具体的分秒，其分辨率即为一秒，如 12:30:21(表示 12 时 30 分 21 秒)。表盘式钟表(有时针、分针和秒针)也有大约一秒的分辨率，因为你能读出秒针指向的秒数。一块只有时针和分针的钟表的分辨率大约为一分钟，分针在标记间的位置一般不能确切地显示秒数。

然而，分辨率为 1 秒的时钟能与标准时间源偏差几分之一秒到几个小时。钟表能保持“正确”时间的能力称为它的准确度。因此，如果一块表每天快 10 分钟，它的分辨率可能仍是一秒，但它每天与精确时间相差 10 分钟，或者说这块表每天有 10 分钟的误差。

钟表是显示随时间流逝计算一些事物变化的仪器。早期的钟通过计算下落的水滴或沙粒数量确定时间。由于水滴的大小或沙粒的总量难于控制，因此不是特别精确。后来的钟表计算钟摆的摆动，音叉的振动，在电力激发晶体上产生机械的振动以及原子谐振，比以前的钟表更精确，这是因为其稳定性和物理过程的重复性增加了。见图 GPS - L - 1。

图 GPS - L - 1: 具有不同的准确度和分辨率的钟表。



为了使所有的钟表显示相同的时间，理想状态应该是每块钟表都要同时设定时间，而实际上钟表的机械条件相互存在差异，也不可能把所有的钟表置于相同的环境之中。多数钟表的时间是根据不同的参照设定的，由于钟表的构造、准确度以及所准备放置的环境不同，因而其设定的时间就各异。给定的一组钟表所显示的时间值会存在一定的差异。GLOBE 计划中的大多数计量温度、距离等所采用的工具（温度计、卷尺等）也存在同样的问题。

决定什么时间喂一只宠物，每天差几分钟是无关紧要的。然而，全球定位系统测定位置时依靠的卫星上的时钟是高度精确的。百万分之一秒的误差能够引起 300 米以上的差错。期望的分辨率和准确度取决于你（用户）和你对应用的理解。

时间标准

直到 1800 年代后期铺设美国铁路时，还没有可广泛接受的时间标准。每一处的人们都有自己的时钟，设定它们时常常参照当地中午时太阳的位置（最高点），或者其它天象。然而，一旦沿经度变化 15 度或沿赤道移动大约 1600 公里，当地中午的时间要变化 1 小时。为了使陆地上有一致的时间表，人们创立了时区。铁路需要并显示了通用的时间参照系。

现在所有的时区都以经过英国格林威治的经度（0 度）为参照。格林威治有一座重要的天文台，它是为了给英国海军导航提供标准时间而建造的。因此英国的格林威治时间被当作标准，称作格林威治平均时间（GMT），协调时间（UT），或祖鲁时间（祖鲁指的是零或 0 经度）。进行 GLOBE 的 GPS 测量时使用协调时间（UT）。

在美国的海军、国家标准和技术研究所（NIST）及各电话公司中用高精度原子钟保持标准时间，原子钟计算的是在严格规定条件下的众多原子的振动。拥有呼叫字母 WWV 的美国无线电台 使用 5、10、15、20、25 MHz 短波频

率，在科罗拉多州的 Boulder 用英语不断地广播时间。这些频率本身被原子时间标准锁定。加拿大政府的短波电台 CHU 在 7.335 和 14.670 MHz 用英语和法语提供类似的服务。许多这类服务在全球广泛存在。

全球定位系统

全球定位系统含有一系列卫星，这些卫星利用携带的高精度原子钟广播时间信号。因此 GPS 接收机显示的时间与卫星上的原子钟具有近似的准确度。由于 GPS 接收机知道卫星与接收机的位置，接收机能够消除由于时间在卫星与地面接收机之间的传播造成的延时。因此 GPS 接收机已成为原子钟最好的替代物。

通 讯

计算机通讯靠比数据传送速率准确得多的时间测量来完成。如果用每秒 14.4 千比特的调制解调器在因特网传输数据，每 1/14400 秒或 70 毫秒就有一个新的信息出现在调制解调器。

因此，计算机硬件的时钟必须有足够的分辨率分辨每个 70 毫秒的时间段，而且必须有足够的准确度以保证传送计算机与接受计算机上的时间差不大于 70 毫秒的若干分之一。使用每秒能产生 1 万至 1 亿次机械振动的石英晶体就能满足上述要求。振动次数由数字电路电子计数，从而得知已过时间的总数。

做什么与如何做

第一步：获得钟表

找至少 10 只（最好多些）可显示时间分辨率为一秒的钟表。分给每个学生一只，指定一名学生作为主计时员。一个班级中许多学生有一秒分辨率的手表，这些钟表足够了。也可收集不同房间的可显示秒的壁钟。每一名学生要准备好记录时间并能看见主计时员和听到主计时员的声音。

第二步：测量

主计时员站在中间。在某小时以后的 30 分 0 秒，主计时员要准备让其它学生记录钟表显示的时间。大约在指定的时间之前 10 秒钟，主计时员开始大声倒计时以便让其它学生做好准备。

虽然其它特定时间也可以使用，但选择正点后的 30 分钟保证了测量过程中没有钟表会走到下一个小时，因而减少了以后计算过程的复杂性。

高年级学生：要求学生完成计算和绘图。

其他学生：教师在课下完成计算和画图供以后讲解和讨论。虽然年幼的学生不懂得计算，但他们能看懂用矩形图表示的多种钟表的准确度。

第三步：几点钟了？

详见 GPS 调查的时间测量工作表和指导（见图 GPS - L - 2）。

将分秒变为总的秒数时，如需要帮助，见 GPS 的角度换算部分。计算时间测量的平均值。

当记录数据时，按以下步骤确定平均时间：把每个学生记录的时间换算成秒数。将这些秒数相加得出总数，除以参加的学生数得出平均时间。将此平均秒数转换回分和秒，并记录。

第四步：我们的钟表好吗？

确定距平均值的偏差。

计算每个学生记录的时间与平均数的差，不保留正负号，所有结果都取绝对值。

将所有差值相加产生总数。将此总数除以学生数得出平均偏差。平均偏差表明每一个测量距离平均值有多远。

绘出每个记录时间与平均时间的差值，见出现次数与对应差值工作表（图 GPS - L - 3）。

每一矩形宽 10 秒，中心矩形代表平均秒数（差值为 0）。在中心方框中记下平均秒数。在合适的矩形中对应每个记录的秒数画一个 X。这种类型的图称作柱状图。

如果我们收集了准确度高（或差）的钟表时，矩形图会有什么不同？

进一步研究

如果你有一台 GPS 接收机，以它的时间为准，调拨主钟/表的时间。GPS 接收机显示的时间是最准确的时间。

如果我们有高质量的钟表，算出的平均偏差会有何变化？

有电子制表软件的学生可在电脑上绘制工作表并自动进行运算。

高年级学生需要理解标准偏差和方差的统计概念。

评估学生

定量的

问问学生如果收集的钟表准确度有差异，

矩形图有何不同。较好的情况：X 符号紧密地集中在一起。较差的情况：X 符号分散得较远。他们怎样记录钟表的数值？他们懂得怎样计算吗？是否应拒绝某些数据？如果数据明显的不适用（比如停止走动的钟表所显示的时间），当然要摒弃。

定性的

无论是否能合理地找到“正确的”答案，学生将有能力描述情况。

学生将有能力列出他们生活中的测量样本，将这些测量结果和理想的分辨率及准确度相对比。

学生应该对测量的准确度和分辨率承担责任。



图 GPS - L - 2: 时间测量工作表范例

GPS 调查

时间测量工作表

姓名: Jordan Malik

日期: April 14, 1994

参与学生		记录时间			换算成总秒数		平均值		与平均值之差		差数的平均值	
序号		(时	分	秒)	(秒)		(秒)		(秒)		(秒)	
1		12	30	0	1800				6.9			
2		12	29	54	1794				12.9			
3		12	30	1	1801				5.9			
4		12	30	15	1815				8.1			
5		12	31	1	1861				54.1			
6		12	30	25	1825				18.1			
7		12	30	3	1803				3.9			
8		12	30	7	1807				0.1			
9		12	29	22	1762				44.9			
10		12	30	1	1801				5.9			
11		参与学生数 10 人			1806.9		折算成平均数		16.08			
12									平均偏差			
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
10		= 参与者人数			18069		= 总和		160.8		= 差数之和 除以参与人数	

指导

记录时间

计算

平均时间

(秒)

确定每个学生记录小时后的时间(以秒为单位)

(总秒数 = 分钟数 × 60 + 秒数)

确定平均时间

(平均时间 = 总秒数 / 参与学生数)

计算每人记录时间与平均时间之差

(差 = 每人记录的秒数(转换成分和秒) - 平均秒数)

(差为负值时, 不要保留负号, 所有结果均取正数)

确定差数的平均

柱状图

把平均秒数记在中间的格子里

每一栏表示 10 秒钟的长度

通过与平均秒数的加减，确定每栏表示的时间

找到与每人记录秒数数量接近的栏，标上“×”

(“×”的个数应与参与者人数相同)

GPS 调查

时间测量工作表

姓名：_____

日期：_____

参与学生 序号	记录时间 (时 分 秒)	换算成总秒数 (秒)	平均值 (秒)	与平均值之差 (秒)	差数的平均值 (秒)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

10 = 参与者人数

= 总和

= 差数之和

指导

记录时间

计算

确定每个学生记录小时后的时间(以秒为单位)

(总秒数 = 分钟数 × 60 + 秒数)

确定平均时间

(平均时间 = 总秒数 / 参与学生数)

计算每人记录时间与平均时间之差

(差 = 每人记录的秒数(转换成分和秒) - 平均秒数)

(差为负值时,不要保留负号,所有结果均取正数)

确定差数的平均

柱状图

把平均秒数记在中间的格子里

每一栏表示 10 秒钟的长度

通过与平均秒数的加减，确定每栏表示的时间

找到与每人记录秒数最接近的栏，标上“×”

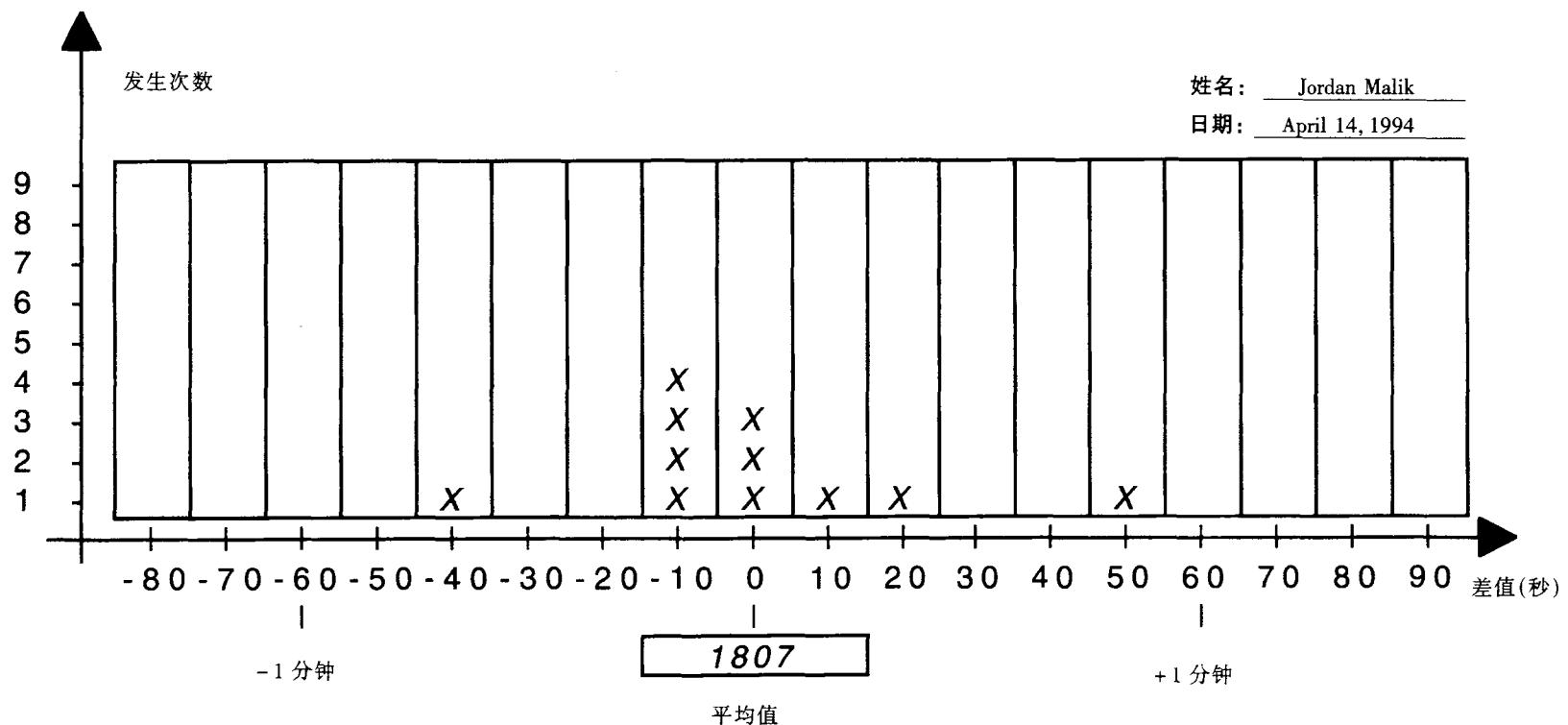
(“×”的个数应与参与者人数相同)

图 GPS - L - 3: 出现次数与对应差值工作表范例

GPS 调查

出现次数与对应差值工作表

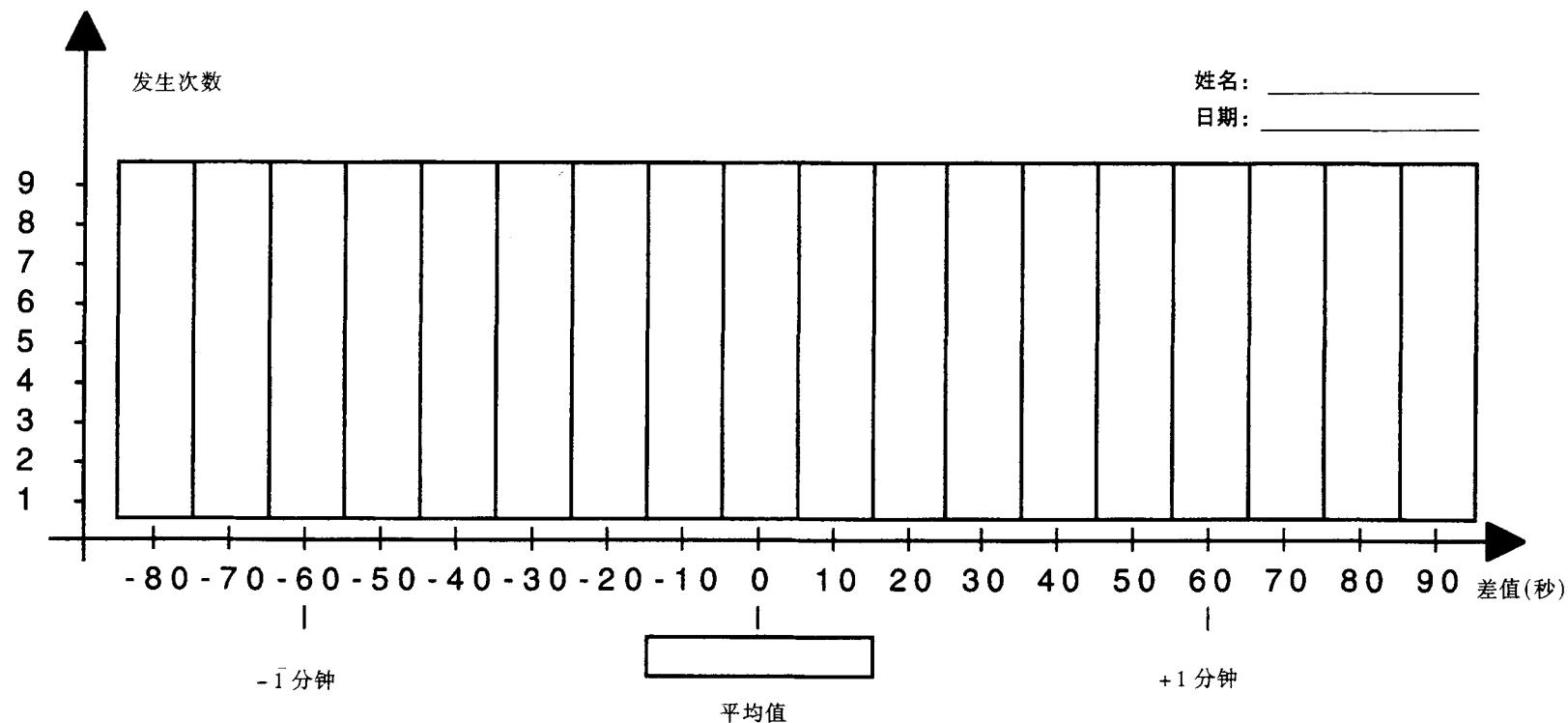
柱状图 1: 出现次数与对应差值柱状图



GPS 调查

出现次数与对应差值工作表

柱状图 1: 出现次数与对应差值柱状图



相对与绝对定向



目的

学习有关经维度；
开发数学技能。

概 述

学生可以从一个最简单的问题入手：“我在哪里？”然后再接触磁性地球概念、使用指南针和角等内容。学生还要了解相对和绝对位置之间的区别。通过这次活动，学生使用多种数学的技能会得到锻炼。

时 间

需要 1~3 个课时，这取决于从哪一步开始。

水 平

要求任何水平的学生均可，但要照顾一些例外情况。

主要概念

相对与绝对定向；
经维度；
角度；
使用指南针；
简单地绘制地图。

技 能

区分和描述相对和绝对定向；
与另一人通试定位；
使用网格图描述位置；
使用指南针精确地确定方位角度；
提高绘制地图的技能。

材 料 与 工 具

纸、铅笔；
方格纸；
指南针；
圆规（用于画圆）；
地球仪；
公制直尺和米尺；
条形磁铁。

准 备

无。

必 备 条 件

初级水平：随着学生们水平的提高，他们能够学会使用经维度查找位置。
中高级水平：基本了解度、角和坐标系。

特别说明

如果学生们已经理解了经维度，那么你就能够进行下一个活动内容：练习用角度定位，或借机传授更深层次的有关地球上相对和绝对定向的数学道理。

背 景

GLOBE 计划使用 GPS 接收机确定 GLOBE 实习地点的经维度。然而，许多学生对于经维度、绝对坐标参照系的概念、或真北方位角等比较陌生。本活动将阐明这些概念。

当你问学生：“你在哪里？”他们可能回答：“在家里”或“在学校”。这些回答是指在他们自己的局部参照体系中。

如果你使用指南针确定一棵树在你的北边，你可能得到树在你的北面的结论。然而如果你向东或向西移动足够的距离，再使用相同的指南针确定同样一棵树，你会发现树在你的东北面或西北面。虽然树和地球磁极没有移动，但是你的指南针对树却指出了不同的方向。这表明树和磁极的位置是绝对的，而你的测量技术是相对的。起点移动了。

如果你将网格参照系引入某个地理区域或整个世界，为网格中的线标号，我们现在得到了一个参照体系。在该体系中我们可以抛开参照物，而独立地确定你或另一个人各自所处的位置。经纬度就是参照系中这些数值的名称，据此我们将使用全球定位系统(GPS)进行地理定位。

做什么和怎么做

第一步：相对位置：我在哪儿？(所有年级)

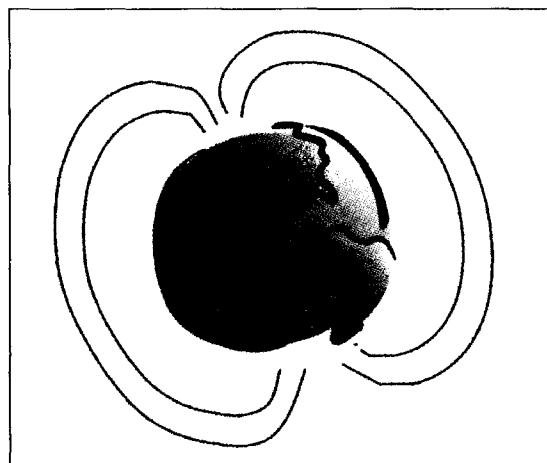
要求学生自我提出问题：“我在哪儿？”，并要求他们用词句或画一张草图表示出来。带领班级讨论用什么定义“我在哪儿？”。

鼓励提问并留给学生思考的时间，启发他们自我定位并给予说明。可以这样问学生：你如何对另一个同学描述你的位置：在你的教室？在另一个教室？在城镇的另一所学校？在另一座城镇？在另一个国家？以此判断学生是否运用了相对和绝对的参照系来描述他们的位置了吗？要突出他们的参照体系。

第二步：试着利用一种参照体系：磁性地球(所有年级)

地球表现出一个巨大的磁场，如同它内部有一块大条状磁铁。见图GPS-L-4。另一磁体(如磁针)会被地球磁极吸引。一块磁性指南针含有一块可自由旋转并可观测到的磁铁。因此

图GPS-L-4：地球的巨大磁场

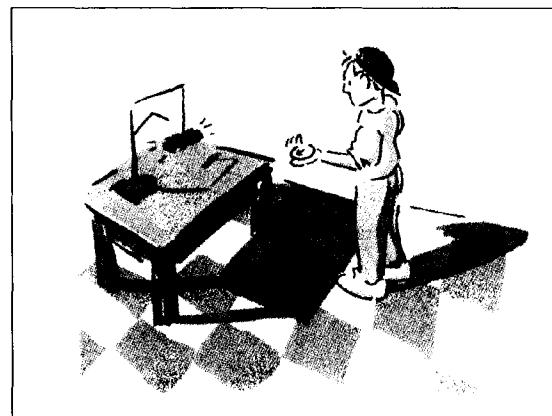


磁性指南针被用作导航仪器，因为它们让人看见了地球磁场的方向。地球磁场几乎是按地球的南北极排列的。

在远离大块金属物体的地方将条状磁铁用线绳悬挂起来，并使它停止旋转。如图GPS-L-5所示将线绳系到磁铁上。

问问学生会发生什么事。磁铁最终停止旋转，它的两极指向南北方向。学生们可以用磁性指南针与之比较南北方向。

图GPS-L-5：悬挂的条状磁铁



伸出手臂用手指握住指南针，使它远离所有金属物并平行于地面以便指针自由移动。等待指针停止转动时，调整自己的位置以便直对北面看到指南针。别靠近磁铁，它会减少指南针的效力。

第三步：介绍指南针角度(初级水平)

使用磁性指南针定向，在一张空白纸上记录以下观测结果。

- 记录你所处的具体位置(如，教室窗外的大岩石)和日期。列出所有处于你北(用指南针找出方向)、东、南和西面的东西，然后对每一方向用一段文字描述。

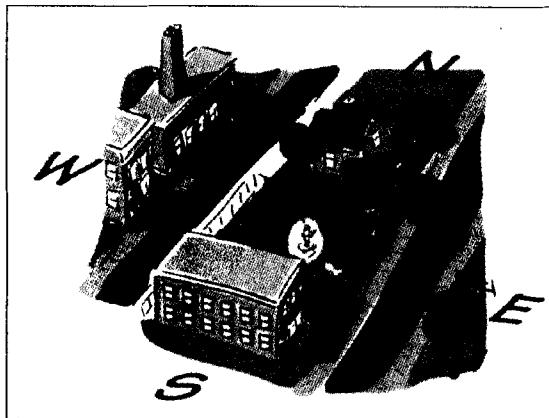
- 你不一定能够观察到那么多的种类，但只要细心，你会注意到各个方向都有其不同点。

提示：视野范围和面对的方向一定要具体。并且只记录处于永久的前景和背景中的物体。在此区域会有许多看似相近的东西，要挑

出具体的不同点。

记住，出色的科学家善于描述和绘图。他们在观察中比较和对照。下面实例包括了两所不同学校的描述。见图 GPS - L - 6, GPS - L - 7a 和 7b。

图 GPS - L - 6:俯视图



1. 西面是座带有绿色窗框的红棕色砖砌建筑物。建筑物北面是座有高烟囱的工厂。

2. 东面空地有一棵橡树，从观测者延伸到橡树是栅栏。

提一些有关上述观测的问题，鼓励学生比较和对照。

第四步：中高级的指南针角度（适于中高级水平的学生）

可以将一个围绕你的圆分成 360 度。也可以写作 360° 。见 GPS 学习活动中利用角度工作。某地的导航方向是以围绕一个圆圈的角度表示的，北作为起始地，即 0° ，东是 90° ，南是

图 GPS - L - 7a: 从观测点往西的视野

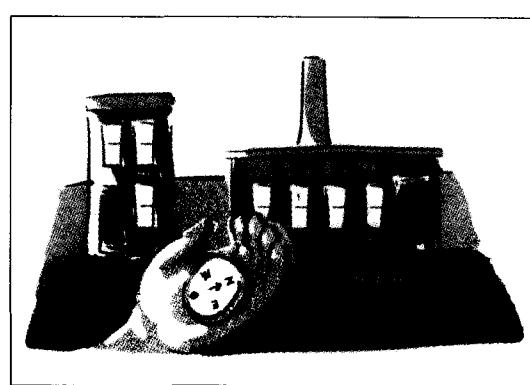


图 GPS - L - 7b: 从观测点往东的视野



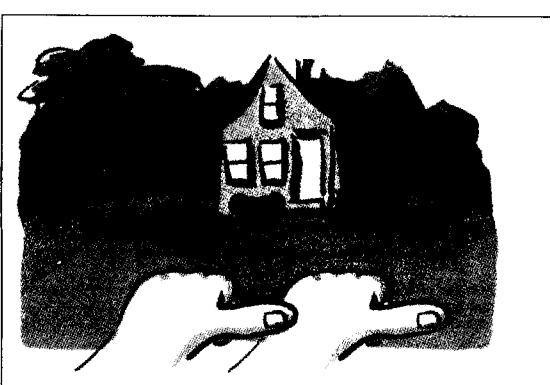
180° , 西是 270° 。

从北开始的方位角度

你的手可用来有效地测量方向的角度。说明见图 GPS - L - 8, 伸出手臂握成拳，伸开大拇指，手的宽度（加上伸开的大拇指）大约 15° （也可能要伸出小拇指）。北和东之间正好放下六个伸出大拇指的拳头。（因为北和东之间是 90° ，每个伸出大拇指的拳头等于 15° ， 90° 被一个拳头的 15° 除，得 6 个拳头。）

由于每个人的手略有不同，你可能发现需

图 GPS - L - 8: 用手测量 15°



要稍微改变伸出的手指以使六个拳头正好等于 90° 。如果想在重复试验中总能用相同的“拳”数，你需要在北和东之间多次试着正好使用六个“拳头”。尽可能稳住你的手，注视拇指尖对着的地方，然后移动你的手，使手的尾部对着刚才拇指尖指的地方。始终如此使用你的

手，记住如何伸开你的手臂，在以后你就可以进行角度测量了。

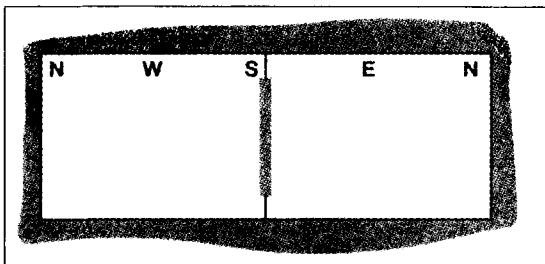
练习手和拇指的位置以便在北和东或者西和北间放下固定的“手”的数目。现在你可以记录在每个手宽度的方向上看见的东西。当你觉得有把握进行测量后，可以做下面的全景观测了。

第五步：全景观测（所有年级）

沿一张纸的长边折起，顺折缝剪开，得到两个相同的长条纸。将两纸用胶条对接在一起并在纸上按图 GPS - L - 9 所示标出四个方向，这样北在纸的远边，南在中间。当在这窄长的纸上绘图时记录观测到的情况。

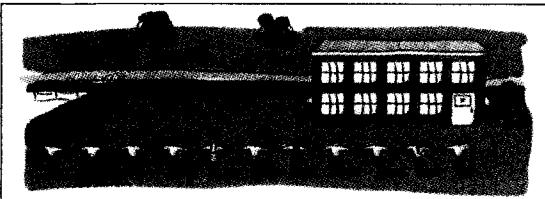
现在你已有了使用指南针、用指南针定位的经验，给自己定位，使你自己处在与指南针活动中相同的位置上。画一张你周围景象的全景图，图中要标明东、南、西、北四个方向。同时用拳头测量并标出其它方向（比如东南偏南、西北偏北）。

图 GPS - L - 9：为绘制全景准备的长条纸



更进一步，用拳头测量时间。因为太阳每小时在天空移动 15° ，所以通过测量太阳到西地平线之间有多少个拳头宽度，能估计出此时到日落需要几小时。知道了当地日落时间，不使用钟表也可以反推出你的当地时间。

图 GPS - L - 10：学生们面向北面的标记一字排开

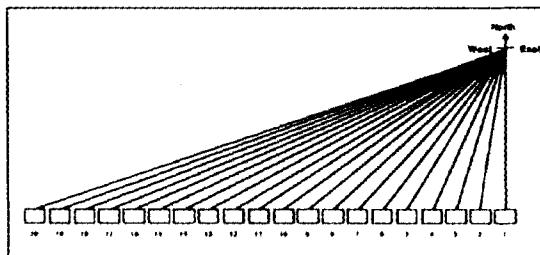


第六步：东、西、南、北方向是相对的还是绝对的？（所有年级）

在室外距地面 2 米高的地方做一个标记（如用胶带纸在教室窗户上粘一个十字条），然后让学生在这个记号的南侧成东西向站成一排，双臂撑开，最东面的学生在标记的正南方向，参见图 GPS - L - 10。

图 GPS - L - 11 中，小方框代表一个一个学生。第一个学生手握指南针对准标记方向，此时，指南针指向北且角度为 0° 。学生们在标记为“1”的方框中记下“ 0° ”。依次要每个学生测量出北与标记间的角度。以上所有测量都是在北与东之间进行的，因此测量结果将在 0° （北）和 90° （东）之间。

图 GPS - L - 11：面对特定标记的学生的俯视图

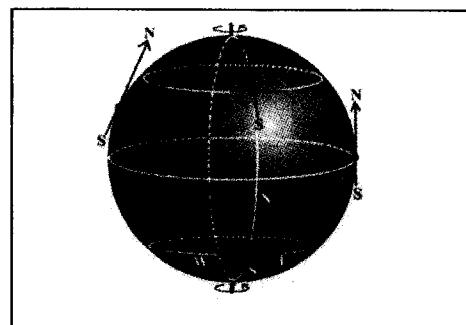


为什么每个同学得到了略有不同的测量结果？他们都没有看着相同地点吗？他们的指南针角度对他们每个人是相对的，具有不同的位置。

第七步：指南针的方向对于你的位置是相对的（所有年级）

实际上，地球的南北磁极与它的南北旋转轴很接近。没有其它磁铁时，磁性指南针的指针本身与地球磁场平行排列。因此，指南针指

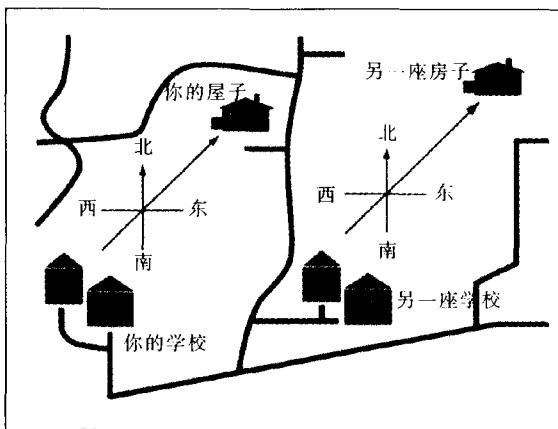
图 GPS - L - 12：地球上不同点的北方



向地球的磁极。(在我们的一生中地球磁极移动极少。)

地球磁极是固定的。但是赤道上的一位观察者会说北方是赤道的一条切线的指向。另一位在赤道与北极中点的观察者也说北方是一条切线方向,而切点是他所处的位置。但这两条直线是不平行的,见图 GPS - L - 12。因此,他们不是指向相同的方向。拿一个地球仪试着找找不同地点的北方。你可以看到你所称的北方是相对与你呆的地方而言的。因此东、西、南、北都是相对的方向。这些方向是通过测量磁性北极与待测位置之间的相对角度而得出的。

图 GPS - L - 13:从家到学校的方向对每个人是不同的



更多的背景知识: 方向没有必要是唯一的。这会引起什么问题? 在任意地点之间导航需要一个已知点作固定参照。为不同地点的听众提供方位意味着在提供方位之前他们必须同意一些公共的点。唯一的起点与终点(如贸易航线), 提供一个绝对的或固定的参照体系, 如放在地图上的坐标系统。经、纬度为地球提供了类似的参照体系。

利用图 GPS - L - 13 帮助学生理解相对与绝对方向和位置。参见附录中的词汇表。你可以为每个学生复印一份。

描述如何从学校走到你的住宅。然后描述如何从另一学校走到另一住宅。然后问问差异是什么?

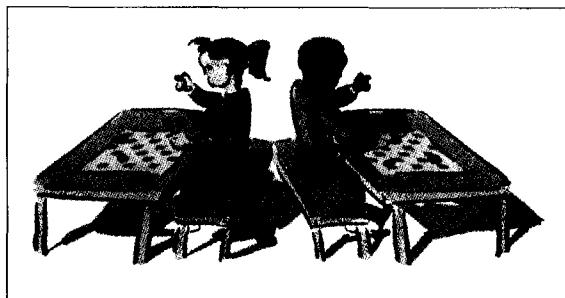
一个关于绝对方向的谜语: 有人建了一座房子。所有的外墙都朝南。一只熊走进房子。熊是什么颜色的?(答案:白色——如果房子的外墙都朝向南,那么房子一定是在北极。在北极圈里唯一的熊是北极熊。)

第八步: 描述一个位置(所有水平)

为了描述一个位置我们希望引入绝对参照体系。学生们将详述以前的活动,回答“我在哪里?”或“某物在哪里?”,学习用足够清楚的语言叙述“哪里”以便将他们的位置明确地传达给别人。我们要求学生提供的方向是相对于某些已达成共识的参照或者某些坐标系统的,而不是相对于他们自己的。笛卡儿坐标(几何学和代数学中的x、y轴)和地球上的经纬度提供了这样的系统。

两位学生背靠背坐着,每人有一棋盘,因此相互之间看不见对方的棋盘。给他们两个棋子并要求一位学生将它们放入棋盘的任意位置。不要加更多的规定,要求这位学生对另一个学生描述他把两个棋子放到了哪里,以便另一个学生把棋子放在与第一位学生相同的位置上。让第二位学生先放,并重复上述过程。

图 GPS - L - 14: 描述棋子的位置



和这两位学生一起讨论他们之间的通讯。学生用什么方式将棋子的位置通知给对方? 他们通讯的明确点和难点是什么?

第九步: 以数字法描述位置(中高年级)

在一张方格纸或画上格子的纸上标上数字,如图 GPS - L - 15。要求学生找到以下列方

式描述的位置：(1, 2)，第一个数字描述沿水平轴从0向右移动的距离，第二个数字描述沿垂直轴向上移动的距离。

图 GPS - L - 15: 标记方格纸

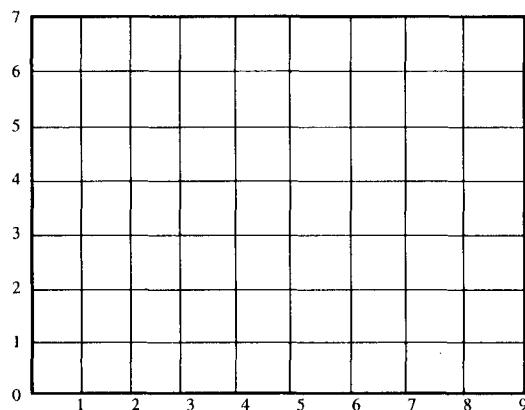
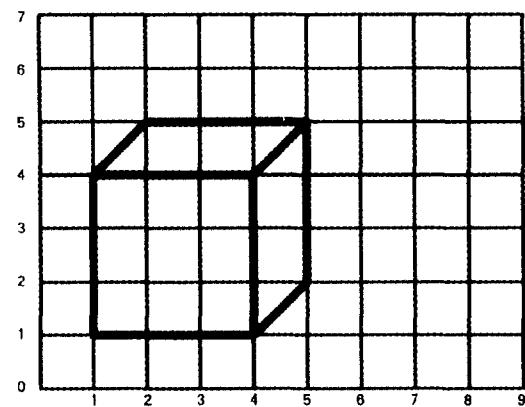


图 GPS - L - 16: 画出的简单图



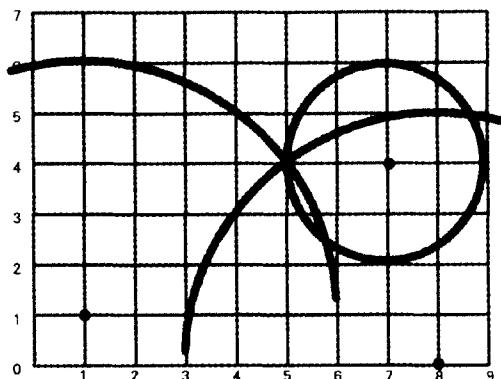
然后，要求学生在给出的位点之间用线画一个简单的图。见图 GPS - L - 16。

(4, 1) to (4, 4) (4, 1) to (5, 2) (5, 2) to (5, 5)
 (1, 4) to (1, 1) (1, 1) to (4, 1) (1, 4) to (4, 4)
 (1, 4) to (2, 5) (2, 5) to (5, 5) (4, 4) to (5, 5)

讨论描述点和图时什么信息是必需的。例如，描述每条线时，需要有关起点和终点的信息。

在一张新的格纸上用圆规以两个单位为半径以点(7, 4)为中心画一个弧。以点(1, 1)为中心以五个单位为半径画一个弧，与第一个弧相交。最后，用五个单位为半径中心在(8, 0)上画

图 GPS - L - 17: 笛卡儿定义弧形



第三个弧。它们在哪里相交？确定一个点需要多少个弧？

假设用表 GPS - L - 11 中的笛卡儿坐标代表海洋的一部分，每一正方形的边长是无线电信号一毫秒传播的距离。有三艘船在海上，亚历山大号在(0, 0)，科西嘉号在(1, 5)，徐州号在(6, 3)。每艘船接收到从第四艘船——贝恩桥号发出的遇难信号。贝恩桥号求救信号传输到三艘可能救援的船上所用的时间将帮助它们找到贝恩桥号的位置。你能找到遇难船吗？（测量信号的传输时间是雷达和GPS的基本工作）。

表 GPS - L - 1: 信号

传输时间		
船	位置	毫秒
亚历山大号	(0, 0)	4.0
科西嘉号	(1, 5)	2.0
徐州号	(6, 3)	3.5

船的位置及贝恩桥号的信号传输到每艘船的时间。

第十步: 描述地理位置(中高年级)

在地球仪上东西向的线是纬度固定的线，南北向的线是经度固定的线。要求学生讨论这些线与在笛卡儿坐标系中线有何异同。找出列在表 GPS - L - 2 中的位置。

取一个地球仪找到你的位置，估计出该位置的经纬度。找到与你相对的点，并估计它的经纬度。这两个相对位置的经纬度坐标有

表 GPS - L - 2: 地球仪上的地点

纬度	经度	名 称
36°N	139°E	_____
60°N	30°W	_____
27°S	109°W	_____
90°S	0°E	_____
90°S	180°W	_____
—	—	你的位置
—	—	你的相反位置

什么关系。

注意:第八、九、十步中的概念与土地覆盖/生物学调查中“奥德赛眼学习活动”的相似。

对不同年龄学生的要求

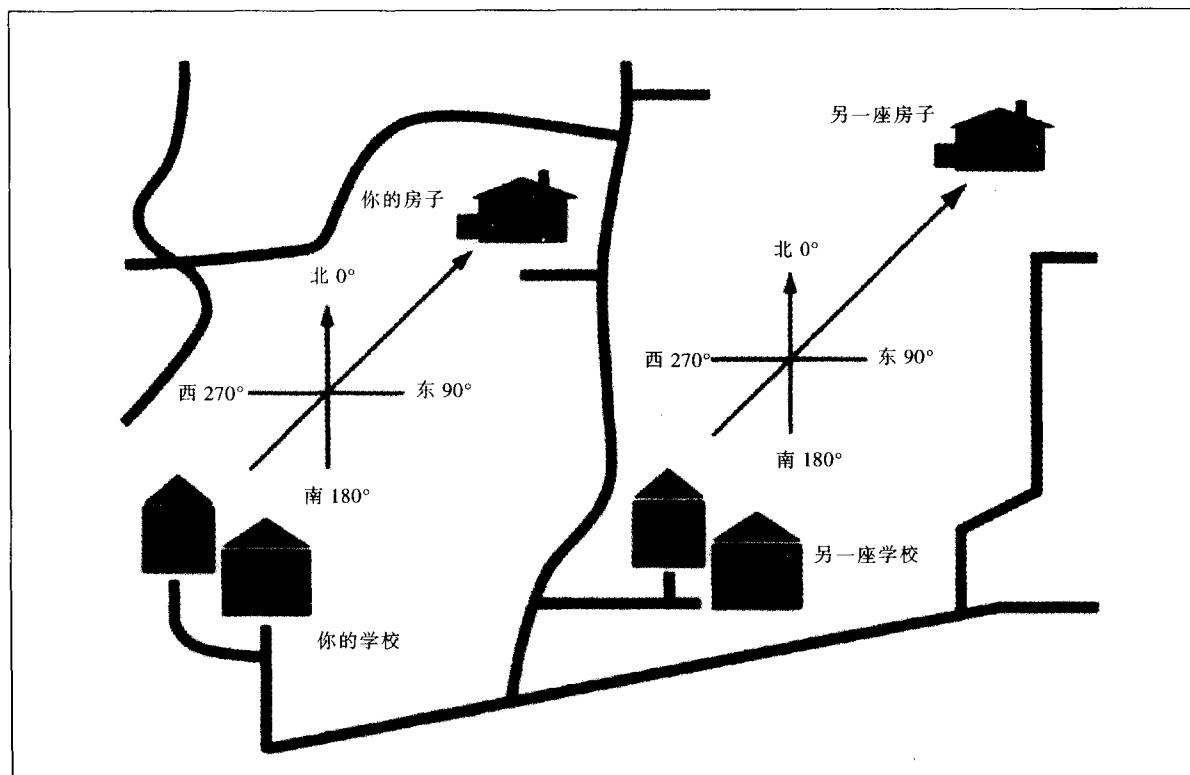
定性描述测量可能更适合年幼的学生。例如描述指南针方向使用“东北”比“北偏45°”更清楚。定量和分析方法适合于高年级学生。例

如,他们可以使用毕达哥拉斯理论在平面栅格笛卡儿坐标系中确定两地点的距离。

评估学生

要求学生利用经纬度识别多种城市或地理特征。给他们列出一些城市并要求他们找出每个城市的经纬度,还要求他们找出一些地理位置之间的距离。

GPS 调查学校定位示意图



GPS 调查

地点定位数据表

每个 GLOBE 研究点至少需要一份 GLOBE GPS 数据表。完成实地 GPS 测量并算出平均位置数据之后，将结果记录在 GPS 数据记录表中，然后将数据递交 GLOBE。你可以使用在 3W 网中 GLOBE 主页 (<http://www.globe.gov>) 下的 GPS 数据录入页提交。你将提交每一个研究点(大气、土地覆盖、生物学、水文学、土壤特性、土壤湿度研究点和你们学校)的平均位置。提交的数据要求精确度为 0.01 分(与 GPS 接收机显示的相同)。

地点类型

(大气、水文学等)

地点描述

(不多于 25 个字符)

平均纬度

(度、十进位分, 注明北/南纬度 N/S)

平均经度

(度、十进位分, 注明东/西经度 E/W)

第一次观测时间

世界协调时的时:分, 秒

接收机类型

Magellan Trailblazer XL & UNAVCO number

或

制造厂家型号和序列号

使用角度换算



目的

向学生介绍角度的概念；
指出经、纬线来源于地球的角度测量；
说明与 GLOBE 有关的测量中需要单位
小于一度的角；
指出如何用多种角度单位书写和计算。

主要概念

角度用度、分、秒和十进位的度来测量，
GPS 接收机用度、分测量角度。

概述

学生们学习如何对一组角度值进行算术运算和取平均值。在做这些时，他们学习角度的单位（度、分、秒），如何在度、分、秒和十进位度之间转换，以及为什么要进行转换。

技能

在度、分、秒和带十进位度之间转换测量
的角度；
角度的度和分的加减；
对用度、分表示的角度求平均值。

时间

1~3 课时，取决于做哪些活动。

水平

中高级。

材料与工具

不需要（带有加法和除法的计算器将加快
计算）。

准备

无。

必备条件

加法、除法和十进位分数。

角度测量的单位：度、分、秒

背景

角度是用来测量圆形距离的。角是由来自同一点的两条直线延伸组成。你可测量角度。角的单位是度。一个完整的圆周被分成 360 度（即 360° ）。图 GPS - L - 18 和 GPS - L - 19 举例说明了一些特殊的角。

做什么和怎么做

要求学生画一个圆饼并将它剪成相等的 8 份。问问他们 1 份的角度值是多少。 $360^\circ / 8 = 45^\circ$

一些学生可能没有均匀地通过中心剪，一些人可能剪成方形。不同的学生有不同的结果。讨论这些结果。再试试剪成 4、10、12 份，结

果通过中心完全对称的角度是 90° 、 36° 和 30° 。

更多关于角的知识

背景

经、纬度是环绕地球旋转轴并且分别在赤道和两极之间测得的角度。宽广的大陆可能跨越几十个经纬度。然而，很小的距离，如 GLOBE 观测地 30 米 \times 30 米这样的尺寸，在经纬度上的角度变化仅一度的若干分之一，或几个弧秒。小角度——有时你希望测量一个小于一度的角。每一度可分成 60 分。可以说三分之一度是 20 分。有些人称作 20“弧”分，以避免在角度测量和时间测量间造成混淆。虽然月球有 384500 公里之遥，直径 3200 公里，但对于地面

图 GPS - L - 18:不同的角度

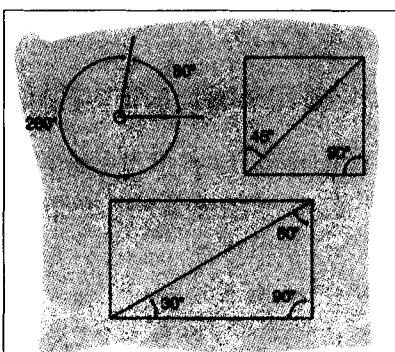
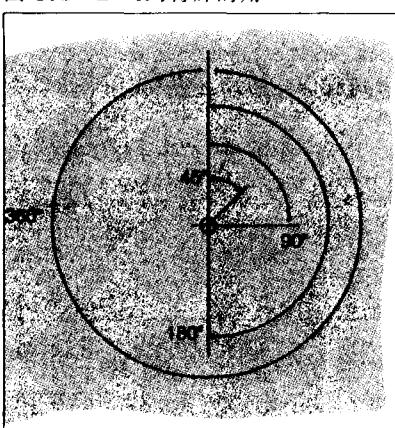
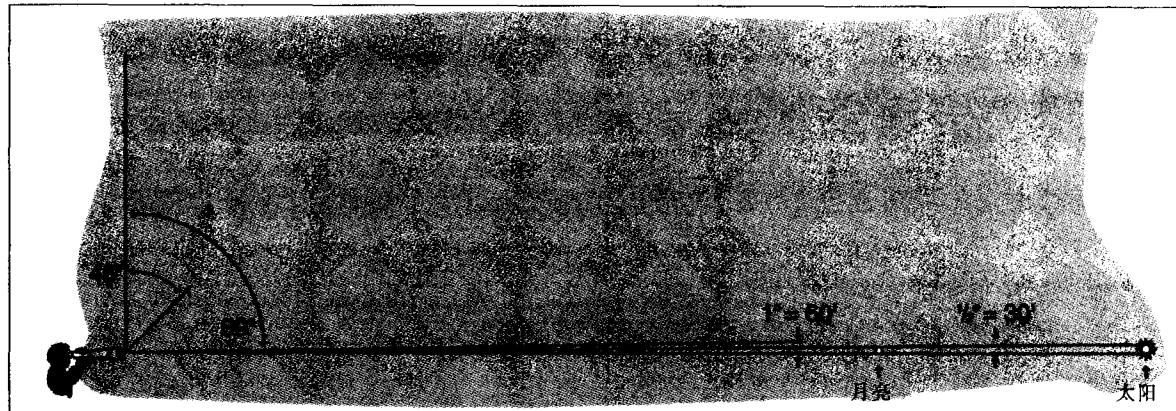


图 GPS - L - 19:特殊的角



观测者，横穿它的直径也只有半度，或 30 弧分。见图 GPS - L - 20。非常巧合，虽然太阳距地球有 14800 万公里，直径 130 万公里，但在天空也显出相同的角度。(这就是为什么在日食时月亮几乎完全遮盖了太阳。)

图 GPS - L - 20:1/2 度 = 30 分, 太阳和月亮



对更小的角，分可分为 60 份，每份叫 1 秒，有时称作弧秒。

天文学家使用度、分、秒描述天体的角度。最接近地球的木星显现的角直径约 47 弧秒。对于大多数人，木星这样小的角度在空中看来像一个点，但是用小天文望远镜，甚至是双目望远镜观看时它就像一个盘子。在操场的另一端看一枚硬币具有相同的效果。举个数字的例子，如果两颗星星相距 3 个月亮的宽度，它们的角度距离为 1 度 30 分 0 秒。也可用符号 $1^{\circ} 30' 0''$ 表示。

为什么有度、分、秒以及问题

地球环绕太阳一周大约要用 365.25 天。早期的天文学家不清楚这个事实，所以制定的日历基于他们对天体位置的观察。他们注意到星星及其相应的星座位置随季节而变化，并大约用 360 天时间漂移过天空，在第 360 个夜晚回到相同的位置。

做什么和怎样做

如果你做许多计算，360 是一个轻松的数字。它能被许多数字相除。要求学生列出所有能整除 360 的数，并指出它们为什么具有文化、历史和物理的重要性。

下面是一些例子：

2	12
3	15
4 (季节)	18
5 (10 的一半)	20 (手指加脚趾)
6	24
8	30 (几乎是从一次满月到下一个满月的时间)
9	
10 (手指)	90 (一个季节的天数)

一个圆圈自我重复一圈就像一年，圆圈可被分为 360 度。所以一年有 360 天是很悠久的标准了。

用角度测量地球

背景

因为地球是圆的，所以我们可以通过测量任何两点与地球中心形成的角度得到这两点间的距离。地球一度相当于地球表面的 111 公里左右。大多数人都不能旅行这么长的距离，因此一度被分为 60 分。地球表面的一弧分被定义为一海里（约 1.8 公里），海员使用海里好几世纪了。每小时一海里的速度为一节。虽然公制单位被全球接受，但是海里和节作为单位继续在一些海洋和航空应用中使用。我们继续使用度、分、秒测量角度。然而下列角度是相等的：

$$\text{四分之一圆周} = 90^\circ$$

$$\text{月球直径} = 0.5^\circ = 30'$$

$$\text{木星直径} = 0.013^\circ = 0.79' = 47''$$

虽然木星直径可以使用“0.013 度”、“13 毫度”、“千分之十三度”，但在科学界大多数用：“47 弧秒”。人们似乎喜欢使用完整的数而不喜欢用分数，对较小的角度有分和秒供使用。作为对比，人们很少把 30 弧分写作 1800 弧秒，也不把 90 度写作 5400 弧分或 324,000 弧秒。问题是现在我们表示相同角度时有几个单位（度、分、秒）。虽然几个单位较好地帮助我们直观地

处理那些相差很大的角度，但是不同的单位使角度计算变得复杂。

度分秒和十进位度间的转换

如果需要比较几个用不同单位组合测量的角度时，用度、分、秒可能会有一些问题。

$$5^\circ 45' 0'' = 5.75^\circ$$

$$0^\circ 30' 0'' = 0.5^\circ$$

如果想为第一个角增加半度（30 分），会怎样？两个角相加的结果是一个新角。在这个例子中虽然可以将度与度、分与分相加，但看看发生了什么。45 分加 30 分得 75 分，大于 1 度。新角可以表示为 5 度 75 分 0 秒。

表 GPS - L - 3：将 25 度 15 分 9 秒转换成十进位度

	计算	十进位度的结果
秒	$9'' / 60 / 60$	0.0025°
分	$15' / 60$	0.2500°
度	25°	25.0000°
十进位度		25.2525°

然而，现在分的数值大于一度。如此，我们增加一度，减少 60 分。将角表示为 $6^\circ 15' 0''$ 。现在分的数值是小于一度。

一些人用角度做许多计算（测量员、木匠、制图员、天文学家）。特别在秒的数值不为零时，计算是十分讨厌的。所以我们需要将用度、分、秒表示的角转换成十进制的角。见表 GPS - L - 3。

度、分、秒转成十进位度

将秒转成十进位度要被 60 除两次。将分转成十进位度要被 60 除一次。整数度仍保持原样。将此三个数加在一起得到十进位度的总计。见表 GPS - L - 3。

十进位度转成度分秒去掉整数，将小数点后面的数乘以 60 产生带小数点的分。去掉整数分，将小数点后面的数乘以 60 产生秒数。将整数的度和分与剩余的秒结合在一起产生单位为度、分、秒的角。

为什么 GPS 接收机使用度和分

GPS 接收机以整数度和十进位分显示经、纬度。十进位分显示数字为十进制小数点右两位。一个典型的纬度测量显示为 $35^{\circ} 15.01'$ 。为什么不使用秒而用十进位分？因为这种显示比用弧秒更精确。

$0.01'$ 等于 $1/100$ 分，比 $1/60$ 分小。如果用两位数字显示秒，在最右边的数字相同的情况下秒显示描述的角度值比 $15.01'$ 格式的要大。因此，设计 GPS 接收机的工程师采用只显示分的格式显示角度测量，此格式用相同的数字显示更小的角度。因此用较少的数字显示更高的角准确度，使得显示的数据更接近仪器内部计算得出的纬度或经度。如果通过显示秒达到相同的精确度，需要为小数点秒提供额外的数字显示($35^{\circ} 15' 00.6''$)，那将增加花费。

许多 GPS 接收机能显示多种单位和格式的角度。由你，科学家来决定需要什么格式。如果你要高准确度，而又不想显示和记录更多的数字，十进位度比分和秒好。

图 GPS - L - 21

测量值		
观测序号	纬度	
	度	分
1	40	0.01
2	40	0.02
3	40	0.01
4	40	0.00
5	39	59.99
6	39	59.98
7	39	59.99
8	40	0.00
9	40	0.01
10	40	0.01
11	40	0.00
12	39	59.99
13	39	59.99
14	39	59.99
15	40	0.01

度 / 60 十进制度	分 / 60 十进制度	度 + 分 / 60 十进制度
0.00017	0.00017	40.00017
0.00033	0.00033	40.00033
0.00017	0.00017	40.00017
0.00000	0.00000	40.00000
0.99983	0.99983	39.99983
0.99967	0.99967	39.99967
0.99983	0.99983	39.99983
0.00000	0.00000	40.00000
0.00017	0.00017	40.00017
0.00017	0.00017	40.00017
0.00000	0.00000	40.00000
0.99983	0.99983	39.99983
0.99983	0.99983	39.99983
0.99983	0.99983	39.99983
0.00017	0.00017	40.00017

对每一个测量值： 用分除 60 后加度数 对所有带小数的度数求平均： 把所有带小数的度数相加除 15 再换算成度和分
--

总和 = 600.00000

总和 / 15 = 40.00000 度 (平均)

平均 \times 60 得到平均纬度

40 + 0.00000

度 分

小数点后保留五位

用度和分计算

不容易快速地对用度和分表示的角度相加。虽然我们可以计算用度、分、秒表示的角度，但是更容易的方法是将所有的角度转换成十进位度，进行计算，然后再将结果转换回需要的单位。

做什么和怎么做

用混合单位表示的角度的加法

用度、度与分、度与分秒编排一些角度值。要求学生将它们加在一起。有些学生可能明白超过 60 分或秒时应该进位如同进行十进位数字加法一样。

对用度和分表示的角度取平均值

背景

GPS 测量要求平均 15 个纬度和 15 个经度。这将消除在数值记录中超时引起轻微变化的影响。平均一组数据，先将它们相加，然后除以相加数的个数。因此平均要求加法和除法。如

果先将一组 15 个用度和十进位分记录的角度转换成十进位度，再操作会更容易些。转换所有的 15 个数值，做加法和除法，然后将其结果换算回度和十进位分。当处理经纬度数值时，中间值要保留小数点后 5 位数字，以便保持测量结果为 0.01 弧分的准确度。

平均运算举例

在美国科罗拉多州的 Boulder，有一条东西向的街叫做 Baseline 路。这条街位于北纬 40 度。如果你站在路边做了 15 个 GPS 测量，你将得到下列结果。

为了产生一个平均数，我们将度和分转换成十进位度。然后将这些十进位度加在一起并被 15 除，产生一个十进位度的纬度平均值。最后我们将十进位度值转换回以度和分为单位的数值。

做什么和怎么做

再次组合一组用度和十进位分表示的 15 个角度值。十进位分显示符合 GPS 接收机显示数值的 0.01 弧分精度。要求学生转换成十进位度，相加，相除，再转回度和十进位分。上课之前，要确认中间和最后结果。

让太阳告诉时间

背景

因为地球每天（24 小时）转一圈，因此天体（太阳、月亮、星星）相对于地球每小时移动 15°（= $360^\circ / 24$ 小时）。对于大多数人，在伸出胳膊时伸出大拇指的拳头大约 15°。见 GLOBE GPS

学习活动：“相对与绝对方向”中关于“手宽与角变化”的讨论和说明。因此随着太阳（或月亮）移过天空，伸展的手提供了一个可移动的小时测量工具。测量从太阳位置到西地平线手宽的数目，你就能确定当时到日落所需的小时数。如果你知道日落的时间，你就能够不用钟表估计出现在的时间！

做什么和怎么做

了解你所处地区日出和日落的时间（见当地报纸）。确定从学校看到的日出和日落的东、西点。让学生站到外面，测量并记录从太阳到较近的日出或日落地平线手宽的距离。一日的早晨或傍晚，即当太阳较接近地平线时可以产生最好的结果。警告学生们不要注视太阳，并记录做这次测量时的时间。

手宽的数目近似于距日出或日落的小时数。每个学生可以将此数加上日出时间，或者用日落时间减去此数，得到他的估算时间。为了得到较好的时间值，平均学生们测得的所有手宽数值。当确定日出或日落之间的时间差时，使用此数值。单个或集体计算后，公布从钟表记下的时间，然后讨论结果。见 GLOBE GPS 学习活动中什么是正确答案？

对不同年龄学生的要求

低年级学生，时间和手宽可近似到小时，以便仅要求他们做整数的加加减减。高年级学生希望提高准确度，小心地测定紧靠太阳升起或降落地平线上的点，如果不够一个手宽时按手宽分数测量，然后转换成分和时。此方法很准确。

天体导航法



目的

通过测量两地的太阳最高点的角度来判断另一地的经纬度。

概述

你的学生和 500 公里以外的另一学校的学生交朋友。两地的学生都同意在各校的一个已知经纬度的地点测量同一天的太阳最高点角度。两地均使用相同的时间和测量方法。每个学校都计算出另一学校的经纬度。交换结果，并相互比较。

时间

4 个课时：
一般观察，当地太阳最高点的估计，UT。
设置时钟，时间表；
建造量角器，安装垂直杆，检查是否垂直。
完成测量；
计算、讨论，与其它学校比较结果。

水平

中、高级水平。

主要概念

通过时间和太阳高度角的测量可以推算两个地区间的经纬度差异。

技能

测量角度；
使用量角器（中等水平）；
使用三角法（高级水平）；
准确设定一个时钟；

把地方时间转换为格林威治时间；

使用指南针确定南北方向；

角度的加减法；

乘法和除法（高级水平）；

应用正切三角函数。

材料和工具

一块地面平整且中午时太阳光能照射到的区域；
一根杆，能垂直地安放在平整地面上；
卷尺或直尺，其长度足以测量杆的高度及杆的影子的最短长度，精确度达到毫米；
一个设置了地方时间的时钟；
一个磁性罗盘或者判断南北方向的简单知识；
量角器（中级水平）；
一个三角函数正切表或科学计算器（高级水平）；
一幅世界地图；
工作表；
计算机和 GLOBE 学生服务器。

准备

判定你所在地区的经纬度；
与另一学校一同安排在同一天进行测量；
建立和测试地面覆盖/生物；
量角器；
把一个时钟设置为地方时；
估计本地太阳最高点的大约时间。

必要条件

用角度计算。

背景

在古代，亚里斯多德并不是采用步行实测的方法测量地球的周长。他通过测量获得两座相距约 900 公里的埃及城市 Syene 和亚历山大的一套太阳高度角的数据，并利用几何学推断出地球的周长大约为 44055 公里。

虽然这个结果比真实值 40074 公里大了 15%，但他的结果证明了几何学和逻辑推理可以提供可行的测量技术。现在我们已很清楚地知道地球的规模。使用 GPS 接收机或一幅地图，我们就可以知道我们现在所处的经纬度。那么我们能否利用近似于亚里斯多德的方法推断另外一所学校的经纬度呢？这是可以的。我们测量两所学校的太阳高度角以推断两地的纬度差。从两所学校的太阳最高点的时间差可推断两地的经度差。太阳达到当地空中最高点的时间叫做当地太阳最高点，该时刻可通过大气调查测得。

中级水平的学生可以直接用地面覆盖/生物调查中描述的方法制作量角器测量角度。技术水平高的学生可以测量杆的高度和其阴影的长度，并通过三角法推断太阳高度角。这种方法比量角器测量法更精确。

在进行测量前，你必须与 500 公里外的另一所学校约定一个能同时进行户外测量的时间。你可以使用 GLOBE 电子邮件完成上述约定。同时你还需通过 GPS 测量规定测出你的学校的经纬度，熟悉经纬度的角度描述方式，并把时钟准确设置为地方时。

做什么和怎样做

你和与你合作的学校将完成下列工作：

- 选择一个均能进行户外测量的日子；
- 估计进行户外测量时本地太阳最高点的时间；
- 准确设置时钟；
- 完成户外太阳阴影测量；

- 交换两校的测量数据；
- 计算另一所学校的经纬度；
- 比较结果。

户外测量

在同一天的当地太阳最高点时，在一个已知其经纬度的地点，进行以下测量并把结果记录到附在本章后面的 GPS 天体导航法测量记录工作表上：

- 垂直杆的高度；
- 杆的阴影方向（北或南）。

在所估计的当地太阳最高点之前和之后的 20 分钟内，各学校每隔四分钟记录一次下列数据：

- 垂直杆在平整地面上的阴影的长度；
- 地平面和太阳之间的夹角（只对中等水平）。

你可以根据大气调查中给出的步骤或前几周做的预先练习的结果估计当地太阳最高点的时间。

在所估计的当地太阳最高点之前和之后的 20 分钟内，每隔四分钟测量一次垂直杆的阴影长度和太阳高度角，分别以毫米和度为单位。需要一些人完成以下这些测量：

（只对中等水平）一人小心地拿着量角器，通过阳光穿过吸管照在手上的斑点来调整量角

图 GPS - L - 22：正在测量的学生

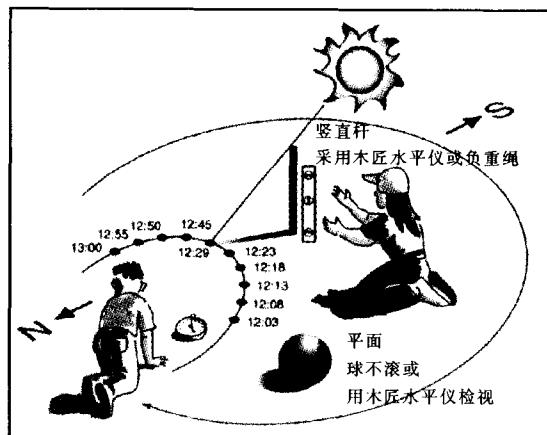
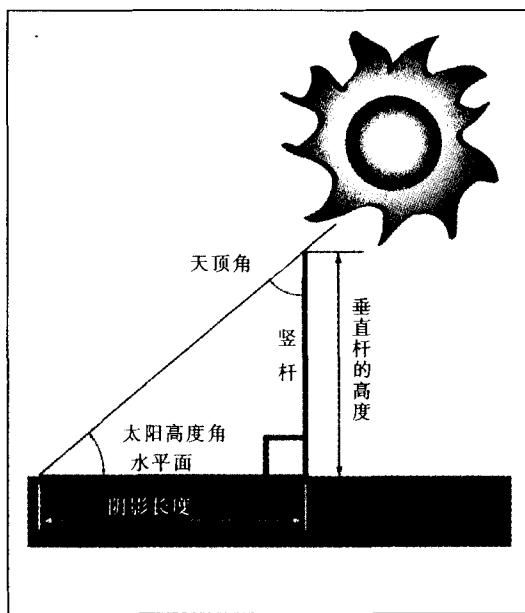


图 GPS - L - 23: 太阳高度角, 垂直杆, 水平地面



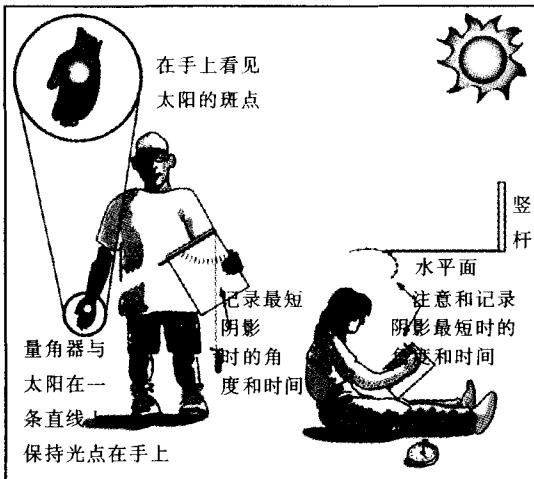
器, 为保持量角器与太阳成一线, 要保证太阳光的斑点始终在你的手上。

· (只对中等水平) 另一人观察量角器显示的角度。利用量角器测量水平面与太阳的角度, 要求尽量精确到度。危险: 不要通过量角器去看太阳! 这会损害你的眼睛。

一人测量和记录近旁的垂直杆的阴影的长度。

一人计时, 并负责在数据记录工作表中记录各观测值。在实验过程中, 他必须每隔四分钟

图 GPS - L - 24: 使用量角器的学生



向观察量角器和阴影的同伴询问角度和阴影长度的数据, 并做记录。

在地面覆盖/生物调查中描述的量角器是利用一根吸管进行光学瞄准的。不要通过量角器的吸管去看太阳! 这会损害你的眼睛。你应该一手拿着量角器, 如图所示, 调整它的方向使你能看到阳光通过吸管照在另一只手上的光斑。

与你的合作学校交换测量数据

要确保你的合作学校确实是在同一天进行测量。如果由于天气或其它原因妨碍了任何一所学校当天的测量, 就必须重新约定另外一天进行重新测量。为什么呢? 因为太阳的高度角是随着季节的变换而每天都在变化之中的。

所交换的数据至少要包括以下内容:

阴影最短时的格林威治时间;

最短阴影的长度;

- (中等水平) 在阴影最短时的太阳高度角;

- 杆的高度;

- 杆的阴影方向(北或南)。

然后每所学校各自计算对方的经纬度。

得出对方的纬度

太阳大约在 15 亿公里以外, 看起来就像一个 0.5 度宽的圆盘。所以为了这次活动的目的, 我们可以假设从太阳发射出的光线都是平行的, 看图 GPS - L - 25。在任何一个约定日的太阳最高点时, 这些平行光线以不同的角度入射经度相同而纬度不同的地表。如果我们比较在同一天两地测量得到的角度, 就可以推断出两地的纬度差。

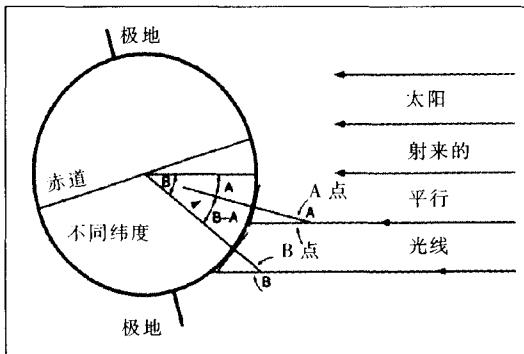
由于地球绕地轴自转, 所以太阳光入射地表的角度是变化的, 因此必须在同一天的当地太阳最高点时对要比较的两地进行观测。太阳在最高点时是正好直射或以一定的南北偏向入射地面。两地不同的纬度造成了光线入射角的不同。阳光入射地表的角度随地球绕太阳的公转而变化。因此必须用两地同一天的数据进行比较。

为了寻找另一个学校的纬度，把你的和该学校的当地太阳最高点测量数据拷贝到 GPS 天体导航纬度计算工作表上。仔细研读工作表的样表，然后完成工作表空格处的计算，摘录如下：

对每所学校的数据进行如下计算：

- (高级水平)计算太阳高度角；
- (中级水平)使用测量得到的太阳高度角；
- 计算天顶角($90 - \text{太阳高度角}$)[度]；
- 计算纬度差(减去天顶角)；
- 计算两地纬度的差额；
- 计算你的合作学校的纬度；

图 GPS - L - 25: 纬度太阳高度角的相互关系



从你的测量中确定你当地太阳最高点的时间。在这个时间点的阴影是最短的。测量时，同一最短阴影可能有几个不同时间测量值与其对应，从中选取一个最接近中间值的时间。把这个时间转换为格林威治时间，并与两校测量的其它数据一同记录在你的计算工作表中。

然后按工作表中的要求依次计算。高年级的学生可以从三角法计算得到太阳高度角，其他学生可以使用量角器的测量值。

我们在计算过程中要用到天顶角。这个天顶角是指阳光的入射光线与垂线的夹角。天顶角与太阳高度角是有区别的。天顶角是指在我们头顶上的角，即垂直杆指向的角。我们知道三角形内角之和是 180 度，如果杆垂直指向地心，

地面与水平面平行，那么杆与地面的交角就是 90 度。我们可以用 180 减去 90，再减去太阳高度角，从而得到天顶角的角度。

我们为什么要用到天顶角呢？如果太阳正好在赤道上空（在 3 月 21 日的春分和 9 月 21 日的秋分），太阳的光线就与赤道平行。这样，天顶角就与我们的纬度值相同。知道了另一所学校的太阳高度角就等于知道了他们的纬度。然而，在春分和秋分以外的日子，太阳不是在赤道上空，所以它的光线是以其他角度入射地表。但不管两地位置有何差异，在同一天各自的太阳最高点是入射两校的太阳光线是互相平行的。所以我们在减去秋分春分日的纬度值后，还需减去由于太阳季节性的移动造成的偏移量，但该偏移量对两所学校有相同的影响。这样，我们就可以推断两个学校的纬度差。知道了这个差值和我们的纬度值（来自地图或 GPS 接收机的测量结果）就可以求出另一所学校的纬度。

校 正

每所学校可能是从不同的南北方向来观察太阳的。观察的方向随着太阳每年的季节变换而改变。因此，我们需要寻找一个数来代替两学校天顶角间的差异。我们通过观察两地垂直杆的阴影方向来决定将两个天顶角加和还是相减。工作表中有一个表格是专门说明在何种情况下进行加和或减法运算。

另外一种可能是你的合作学校是在与你相对的另一个半球上。这种情况下，你在进行减法运算时会得到一个负的纬度值。这时把减数与被减数交换，把结果变成正值。

得出对方的经度

因为地球自转的速度是每 4 分钟 1 度。知道了两校的当地太阳最高点的时间差就可以知道他们的经度差。两校均需使用格林威治时间，这样才能在相同的参照系中进行计算。完成工

作表中列出的计算。详细研读样表并完成空白处列出的计算，摘录如下：

对每所学校的数据进行以下处理：

使用格林威治时间表示当地太阳最高点时间；

把当天的时间转换为分钟制(UT)；

计算你与合作学校的当地太阳最高点的时间差，差值以分钟为单位表示；

把时间差转换为经度差（每四分钟时间差对应于一度经度差）；

- 加上或减去你的学校的经度值；

- 对不同半球的差值进行修正；

- 计算合作学校的经度。

- 所以太阳每4分钟移动1度。

因为我们是在一个每四分钟旋转一度的行星上，所以，知道了我们和另外一所学校的当地太阳最高点的时间差就可以推出两地的经度差。两地均需使用格林威治时间，这样才能在同一参照系中进行运算。完成工作表中列出的计算。

在经度计算中时间是很重要的因素。这与在纬度计算中角度测量的重要性一样。摆钟的出现比以弹簧发条为动力的钟的出现要早得多。但摆钟在动荡的船上不能正常计时，因此在非摆动式的钟出现以后才能在船上判定其纬度，但仍不能判定其经度。1995年Dava Sobel著的经度(Walker Publishing Company, NYC)一书阐述了解决这一问题的方法。

为了不必去处理不满整点的时间，可把UT时间的小时、分钟转换为以分钟为单位的时间。从这些学校的时间差就可以推断出两地太阳最高点的时间差。因为地球是以每四分钟旋转一度的固有速度自转，所以把时间差除以4就可以计算出两校经度的角度差。

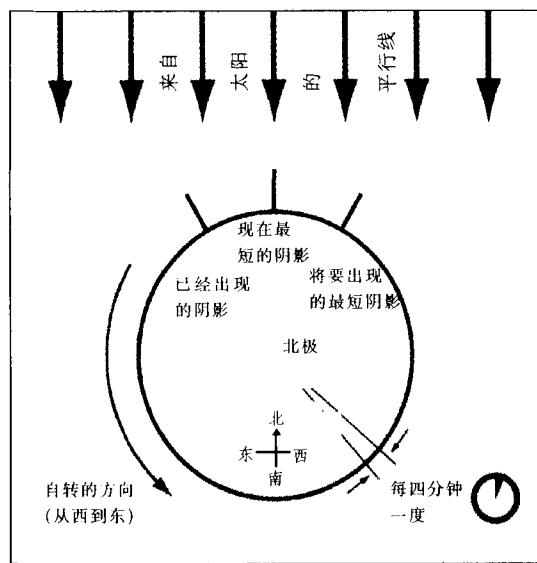
校正

如果另一所学校经度值是负值，那么它与你所在学校是跨越了本初子午线(0度经线)。在这种情况下，转换东西半球并使用经度值的绝对值。如果另一所学校经度值大于180度，那么它是跨越了国际日期变更线。在这种情况下，转换半球，再减去360度，把绝对值作为该校的最终经度值。

与你的合作学校比较计算结果

与你的合作学校联系，并分享计算结果。结果会怎样呢？你计算出他们的位置了吗？如果没有，那么结果偏差有多大？你知道为什么会这样吗？把你工作方法与亚里斯多德的方法进行比较，你能找到出错的原因吗？

图 GPS - L - 26: 经度太阳高度角测量



所有这些段落都说明了同一件事情：

- 一天有24小时；
- 地球24小时内完成一次自转；
- 地球是在24小时内完成360度旋转；
- 地球在1440分钟内完成360度旋转；
- 地球每4分钟旋转1度；
- 太阳每4分钟从东向西移动1度；
- 地球经度每4分钟旋转1度；



问题及进一步的研究

几千年前，人们就开始利用天体（行星、太阳和月亮）来判断其在地球的位置。这与我们的活动有什么区别吗？假设我们的另一所学校是位于经纬度均为 0 的点上，并有该校全年当地太阳最高点的太阳高度角记录表。我们可以通过太阳高度角测量值来推断地球上任一点的当地太阳最高点的时间，从而推断该点的经纬度。这个方法已经在几百年前就开始应用，并由于时钟和角度测量技术的发展而变得越来越精确。数学家和天文学家在对地球与种种天体间的空间关系的认识基础上，已建立了一套必要的表格。以使用无线电波的人造卫星代替可见的自然天体，GPS 能够有效地运用类似的规定进行定位。

如何准确地设置时钟

我们怎样才能知道当天准确的时间？准确度小于 1 秒的现成的时间源是：

- 当地广播或电视的报时；
- 各种短波无线电台；
- 在计算机上传输软件的互联网基准时间；
- GPS 接收机。

无线电台

当地的电视台和无线电台需要与其他电台协调信息的来源和传输。因此，他们最需要知道准确的时间。许多商业电台会提供“整点时间”（零分，零秒）报时服务，这样就可以按它设置时钟。许多国际短波电台只报道当天的“整点时间”。信号从无线电台传到你所在地所需时间是多少呢？当你与无线电台的距离是 100 公里的时候，以光速 (3.0×10^8 米/秒) 传送的信号从电台到达你的收音机的时间是三分之一微妙（1 秒 = 1000000 微秒）。如果你离收音机的距离是 1 米，电台广播的声音则以声速（331 米/秒）传到你的耳朵，所需时间是 3 微秒。因此，在人工

调节时钟时，必然包含了从信号发出到接收的时间误差，所以即使你在调节过程中没有出错，所谓时间也是有一定的误差的。

计算机网络

通过因特网，以网址 <http://tycho.usno.navy.mil>，你可以从美国海军（US Navy）打听到时间。你的计算机通信软件把数字信息分成字段，通过网络，沿着不同的路径发送出去。这些字段的传送也需要时间。因此，你看到显示的时间，和遥远的计算机实际响应你要求的时间，两者之差，我们是不能轻易地知道的。

软件的用途就是通过因特网，把当天的时间从另一台计算机传送到你的计算机。这种软件有的十分先进，能让信息在两台计算机之间来回反弹，加以计量，然后，对两台计算机的时间延迟量求平均。这个量一旦估计出来了，就被加到从远方计算机发送的时间上，以便试着就各种网络运行的时间差作出修正。

天文学家有时使用稍微不同的时间，叫作恒星时，它是和星球的运动同步的时间概念。恒星时和我们使用的“民用时”（就是我们日常从钟表上看到的时间）不同，两者每天相差四分钟。民用时是以太阳为参照系得来的。从网上可以得到的时间有：

<http://www.greenwich2000.com/time.htm>
http://www.bldrdoc.gov/doc-tour/atomic_clock.html

全球定位系统(GPS)

GPS 实际上是以时间为基准的系统。因为你所在的位置是从卫星发射的时间信号推断出来的，卫星上装有精确设定好的原子钟，所以，你的 GPS 接收机才可以显示一天的时间。有些性能更好的 GPS 接收机，甚至能对信号从卫星运行到你的 GPS 接收机所花的时间加以补偿，这是由于它知道离卫星的距离，因而可以推测出时间的延迟（大约 67 毫秒）。

当地时间和世界时

在这次活动中，你学校和远方的学校将要找出当地以太阳为基准的正午时分。方法是当太阳的影子变得最短的时候，记录下各自所在地区的时间。然后；你们可以确定两校正午的时间差。

因为太阳在不同的经度，于不同的时间出现在我们的头顶上，所以，有关权威机构决定将我们的星球分成 24 个不同的时区。每个时区按经度平均跨度为 15 度，这相当于地球旋转一小时所走过的距离。这样一来，太阳高挂在你校附近的天空中的时间（当地正午时分），很有可能不同于远方学校的那个时间。其他学校也有可能位于另外一个时区，那里的所有钟表和你们的所有钟表相差一个或几个小时。然而，我们可以让两个学校以通用的时间基准，表达他们的时间计量。我们再让两个时间相减，从而求出时间差。

由于历史的原因，沿着穿过英国格林威治的子午线的时间被定义为世界时。往这个时间加上或从这个时间减去整数个小时（具体看我们的所在位置），就可以将我们的当地时间换算成世界时。

通过查看地图或地球仪（那上面往往标有时区），或打听其他知道的人，我们可以确定为换算成世界时要加减的小时数。但这要看当地是否正在采用夏时制。做航空和气象方面工作的人尤其需要了解当地的时间标准。大多数 GPS 接收机均能设定成既显示当地时间，又显示世界时。

请参看与显示世界时的网页的链接。

我们的结果有多么精确？

你们计算出来的纬度和经度，与在另外一个学校那里测量所得的纬度和经度，两者相近程度有多大（以度数表示）？是什么引起了这个差别？假定你算术算得正确，所用的公式也正

确，那么，这个结果也许来自于被测数据中的仪器误差，比如：

- 阴影模糊边缘的大小，管子直不直；
- 地面平不平，或量杆垂不垂直；
- 当地中午时间的确定方式。

你怎么才能确定，哪项误差来源造成较大的麻烦？让我们假装作个实验：先编一组理想情况下你期望得到的测量数字。对这些理想的数字做运算，并确保你得到期望的理想结果。然后，再编一组数字，它们全都是理想的，只有一个有误差。选择误差值时，应该选你可能观察到的最典型的。比如，你可以给影子的长度加上几毫米，然而，加上 100 米显然太多了。最后，对这些数字进行计算，并和理想的结果做比较。

当你做这项工作时，你是在做模拟实验，检验你的实验对每个误差来源的灵敏度。实验如果很复杂，要做大量的测量，又有大量的方程式时，则要使用计算机程序，改变鉴别出来的误差来源，看看结果里各种各样的极端情况。

量杆不垂直有关系么？怎样才能确认量杆是垂直的？

你可以用木工师傅的水平仪来确认你的量杆是否垂直。量杆在一个南北向平面上，可能是垂直的，而在东西向的平面上不垂直。要在杆的几个方向试试水平仪，看一看是否完全是垂直的。一根绳子挂上一个重物就能形成一条垂直线。如果你的量杆碰巧是一段管子，那么，通过把一个重物吊在管子里，就可以测验管子直不直。把吊着重物的绳子放到管子里，调整管子的方位，使得绳子和管子的中心线能对直时，管子就是垂直的。所用的重物有时被称做“铅锤”，因为它往往是用铅做的。铅的原来的化学名字叫“plumbum”（拉丁文），所以，从这个字出来了一个英文字叫“plumber”（铅管工，管子工）。

有些地方的人做这种测量时，甚至不用量



杆。他们只是从头上一个什么东西上拴一根绳子，绳子另一头吊一个重物。绳子必须拴在平面以上大约 $1/2$ 到1米。绳子上还必须打个结，或其他什么东西，反正要大得足以投下一个看得见的影子。仔细地量好从平面到绳结的距离，并记下来做为垂直距离。不过，这种方法有问题，如果风吹动了绳子和重物的话。

假如量杆不垂直，你的平面又不平的话，误差就会被引入这种三角测量法中。测量我们的太阳的角度时，采用的是倾角仪法，所以这不是一个问题。但是，它增大了测量最小影长的难度。

地面不平有关系么？怎样才能确认地面是平(水平)的？

如果足球或其他球体能从你的平面滚开，说明平面不平。更灵敏的方法是利用液体具有向最低点流动的倾向性。你可以用木工师傅的水平仪，确认你的平面是否水平。注意，水平仪一定要放得装液体的玻璃管和你的平面平行。一滴水滴到一个平面上，它会形成一个小球，并且，即使平面不严格的水平，它也会粘在上面。洗涤剂是降低液体表面张力的化学物质。你向一表面上的少量水里，轻轻滴几滴家用泡沫洗涤剂。这样做会使水的表面张力降得足够的低，以至于水朝下方流动，如果表面不平的话。该法既可帮你确定表面平不平，还可帮你做校正，假如平面可以移动。

测量普通水平面的更高级的方法是，用一根长的，透明又有弹性的管子，管里面几乎充满了液体。两个同学每人拿着管子的一头。两个人一边向上拿着管子两头，一边分离开，同时保持管中的水不洒出来。不管距离有多远，这样做，管子两头的液体水平肯定是一样的。

地质工作者将上述方法加以改变，用来检测我们星球表面上的小突起或小洼地。他们在地上铺设或埋设一根水平管子。管子可以有几百米长，里面装满一半的水。然后上下调节管子，直到在管子的两端看到半满的管子。如果地

面稍微移动一下，即使产生零点几度的角度变化，水也会向一端移动。利用这个原理，可以制作较灵敏的仪器，它反映很微小的差别能引起巨大的变化。你不妨用一根一般直径的透明长管子试试看。

假如量杆不垂直，你的平面又不平的话，误差就会被引入这种三角测量法中。测量我们的太阳的角度时，采用的是倾角仪法，所以这不是一个问题。但是，它增大了测量最小影长的难度。

如果我们得到的是模糊的阴影怎么办？

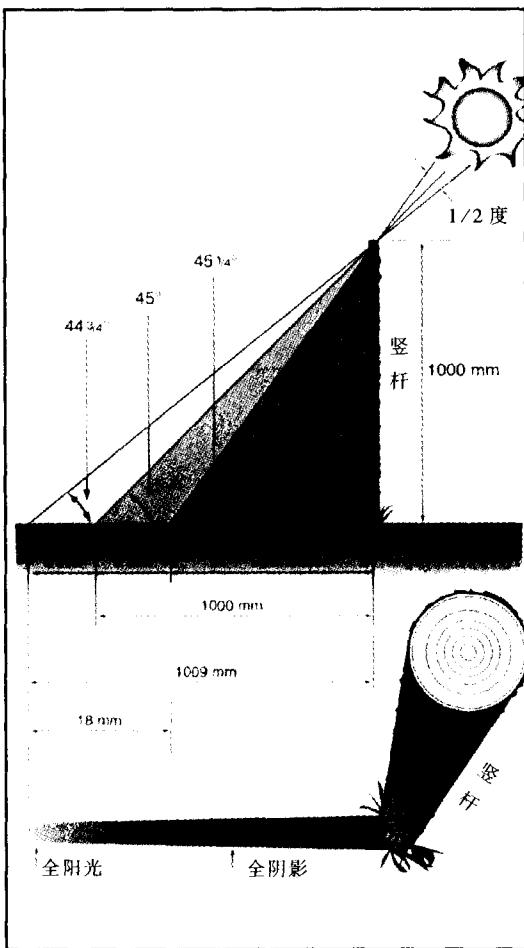
假如你在地球上用我们的太阳作为光源，你始终会得到一个模糊的阴影。用一根短的杆子，你也许注意不到阴影边缘的柔软性，但是，所有从太阳投到地球上的影子，没有一个是带尖锐的边缘的。

为什么？因为太阳的光线不是从一个点光源发射出来的。相反地，它是从一个横断面大约有半度的圆盘，差不多是均匀的发射出来的（现在知道，这个圆盘的角度大小和月球的差不多，所以，观看日食很有趣）。

直接观看太阳会伤害我们的眼睛，所以，请在某个晚上观看满盈的月亮。月亮的光线从月亮的不同部位发射过来：中心，顶部，底部，右侧，左侧。所有这些光线在向你或任何其他物体射来时，都会从稍微不同的角度投下一个阴影。

比如，在我们的太阳在天空中看上去呈45度角的地方，放一根一米高的杆子的话，从杆顶通过的光线来自于太阳的不同部分。来自中心的光线落在地上成45度角，来自顶部的光线成比45度陡 $1/4$ 度的角 $(45 + 0.25 = 45.25\text{ 度})$ 。反之，来自底部的成比45度斜 $1/4$ 度的角 $(45\text{ 度} - 0.25\text{ 度} = 44.75\text{ 度})$ 。光线投射得越浅斜，离开杆子的距离就越远（此例中，是1009毫米），而光线投射得越陡峭，离开杆子的距离就越近（此例中，是911毫米）。这个18毫米（大约2厘米）就是满太阳光区域的边缘和满阴影区

图 GPS - L - 27: 模糊的影子



域的边缘的差。从测量的角度来看，这是个问题。因为你可以从满太阳光的边上开始测量，也可以从满阴影的边上开始测量。但是，太阳的光线从满太阳光到满阴影，逐渐地减弱，所以，不存在一个明显的边界。因为太阳的光线总是生成理想的角度，可以试试估计出光线从淡到暗的中心点，然后用它做为你的距离。

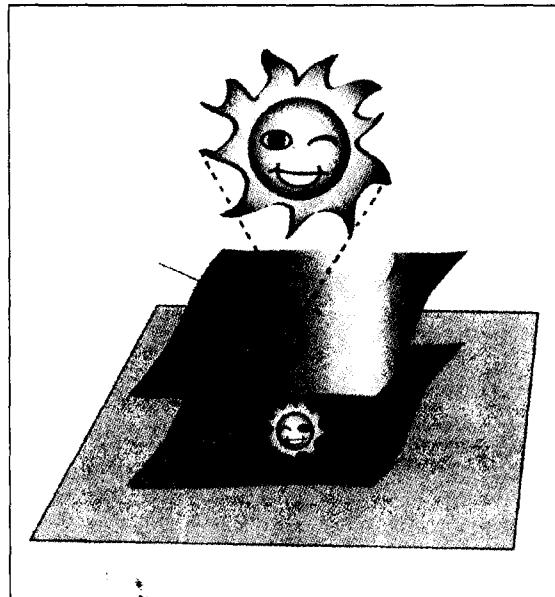
在上述例子中，假如你用较淡或较暗的边缘，而不是阴影的中心，那么，两者都会导致 $1/4$ 度的误差。把这个角度差换算成纬度的话，距离之差大约就是 26 公里。

如果用其他星球的话，就没有这个问题了。其他星球虽然很大，但它们离我们太远，以致于其横断面看上去还不到一个弧度秒。这

对于导航来说，是有意义的。另外，我们太阳的顶边或底边也可以被利用。用来对天体做此类角度测量的仪器叫六分仪。

做一个针孔相机，你可以观看我们的太阳。方法是：用针在一张锡箔上打个小孔。如果你把锡箔放在一个平坦，浅颜色的表面上，可以看到太阳投射到表面上的反向的影像。这是观

GPS - L - 28: 针孔相机



察太阳黑子或日蚀的好方法。

有时候，一片片树叶在我们的头上会形成许多小孔，太阳光线从其中照射到地上，形成无数的光点。日蚀出现时，你可以看到地上被无边缘的太阳的弧线所覆盖。晚上，当你站在浓密的树冠下，由于不是满月，你的眼睛逐渐地适应了黑暗之后，你又可以看到部分月光穿过树叶间的小缝隙，投射到地上的清楚的景像。

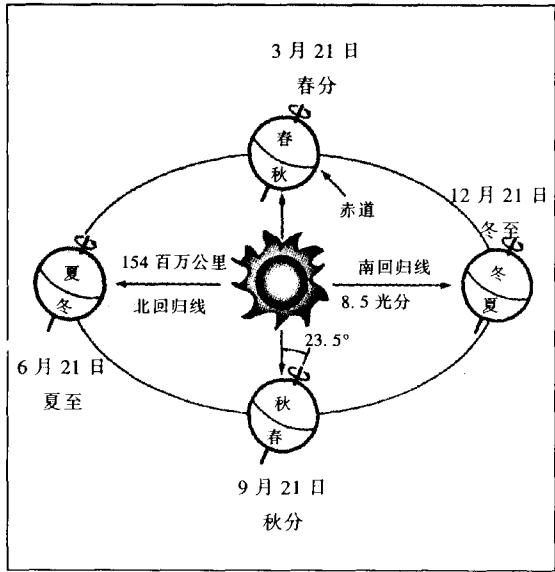
为什么不用唯一一个太阳的角度来确定我们的纬度？

地球在离开我们的太阳大约一亿五千万公里的地方，从西向东旋转。然而，我们这个星球的旋转轴却和它的旋转平面成 23.5 度的倾斜。所以，在我们的轨道的一侧，北半球大部分地区垂直的接触阳光，比南半球近。这时正是北

半球的夏天，南半球的冬天。而当我们地球移动到我们的太阳的另外一侧时，两个半球的季节发生交替。夏天，地球工作者经常在天上以一个更高的角度观看太阳。

由于有了地球旋转轴的倾斜而出现了如下几个地理的和天文学的术语。北极圈和南极圈：是分别离开北极和南极高大约 23.5 度的地区。这些术语表示在北极和南极它们各自的冬天里，能够经历全天是黑夜的最低纬度。北回归线和南回归线：是分别位于赤道以北和赤道以南

图 GPS - L - 29 : DY BJ - 月亮的季节关系



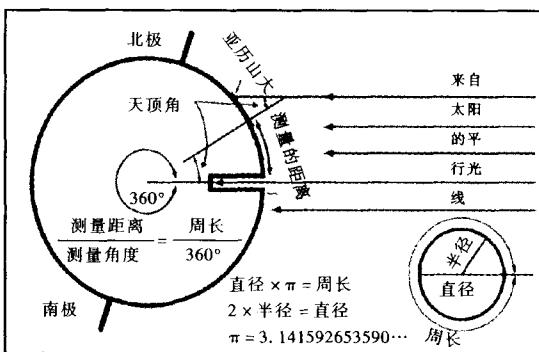
23.5 度的地方。它们是那些经历太阳高挂头顶的，离赤道最远的纬度。在北半球，每年太阳角度最高的日子是 6 月 21 日。在南半球则是每年的 12 月 21 日。它们分别被定义为北半球的夏至和冬至。另外，每年的大约 3 月 21 日和 9 月 21 日，我们的太阳正好出现在赤道的正上方。这些日子被定义为春分点和秋分点。

从地球的任何地点看去，太阳的角度好像随着季节的不同，年复一年，每天都在变化。所以，假如你打算有一天测量太阳的角度，而另一个学校的伙伴在另一个地方做同样的事情。你们两个学校肯定有角度差，原因是你们的纬度不同，太阳的角度也不同。但是，在任何

一个 24 小时的时间内，我们太阳的季节性运动还不到一度。

在地球的不同地方，在夏天和冬天，太阳出现在天空中会有多高？在赤道呢？北极？你住在哪儿？天文学家开发了一些方程式，用于模拟天体的运行规律。还开发了计算机程序，利用这些方程式计算我们的太阳，月亮，以及其他天体

图 GPS - L - 30 : 亚里斯多德的实验



的位置，不受地点和时间的限制。

垂直投到地上的太阳光线，按每平方米被明亮地照射的地面计算，大约有 1000 瓦的辐射能。直观来说，这相当于 10 个中等大小的白炽灯泡投到太阳下每平方米的能量。相比之下，按 45 度角投到地上的太阳光线，也是晴天，每平方米只有大约 75 瓦。投下来的太阳辐射的这个差别构成了季节首尾之间能量聚集之差，间接地看，就是温度的变化。

亚里斯多德是生活在公元三世纪的希腊数学家和科学家。

他发现，在一年当中的某特定的一天，可以观察到太阳光线从埃及西奈城的一口深水井的水面反射出来。这说明，在西奈城，我们的太阳刚好悬挂在头顶上。同一天，在埃及的北部港口城市亚历山大，仔细测量了太阳在一根垂直杆子上照出的影子的角度，结果发现，它是圆周的五十分之一，即大约 7.2 度。

亚里斯多德花钱请一个人步行，朝正北方从西奈走到亚历山大。此人量得两地的距离是

500 尺。一尺(stade) 是 185 米, 或 607 英尺。因为方向是朝着正北方, 所以, 他是沿着一条经度恒定的直线走的, 但纬度在变化着。

知道了圆上两点之间的圆周距和它们的方向角, 可以推算出该圆的周长。我们假定地球是圆的(正像非传说中的先人所做的那样), 那么, 从以上的资料可以推算出地球的周长。亚里斯多德做的结果, 得出周长的估计数是 250, 000 尺, 或 44055 公里。今天, 我们估计地球的周长平均是 40074 公里左右。亚里斯多德的误差大约是 15%。考虑到当时的技术和科学知识水平, 这个推导结果是很棒的。

几个世纪以来, 人们开发了类似的技术, 用于地上、海洋、空中和空间的导航。六分仪是一种手持式的经纬仪, 它在导航方面被用于观察天体的角度。六分仪只不过是一种精度更高的测斜仪。做得准确的话, 用一台手持式的六分仪, 钟表以及计算桌, 就可以确定你在世界任何两公里范围内的位置, 详见《美国实用航海家:

航海概览》, 拿塔内耳鲍迪奇, 美国国防部, 地图局, 贝塞斯达, 马里兰州, 1802 年第一版。这是一本每年更新的航海书籍。

学员们可以从万维网上搜索有关亚里斯多德的信息。

其他问题

我们测量所得的数据有意义吗? 中间和最后的计算以及它们的结果有意义吗? 如果没有, 我们能够确定原因吗?

计算一下其它学校认为我们的方位是什么?

在地球的极点, 太阳影长会是甚么样子的?(全天的影子一样长)

什么日子里, 影子最短和最长?

我们会看到许多影子从东向西移动吗? 很少。中午前后 40 分钟时间里, 我们会看到很多影子长度和太阳角度的变化吗? 很少? 但是, 如果你有时间的话, 测量并记录这几个小时发生了什么。



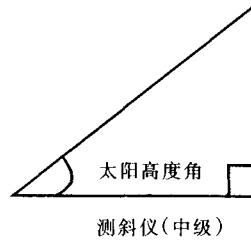
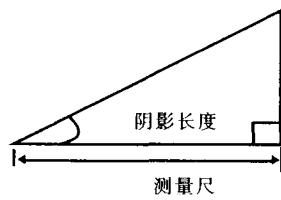
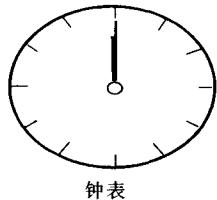
图 GPS - L - 31: 天文导航测量记录工作表实例

GPS 天文导航测量记录工作表

姓名 Jordan Malik
日期 1994 年 4 月 19 日

估计的当地中午前后 20 分钟时间内的记录

影子的方向
(圆一个)
北或南



同当地中午的差
(分钟)

当地时间
(时,分)

影子长度
(mm)

太阳高度角
(度)



-20

11:52
11:56
12:00
12:04
12:08
12:12
12:16
12:20
12:24
12:28
12:32

454

451

448

446

446

445

446

447

449

451

455

65

66

66

66

66

66

66

66

66

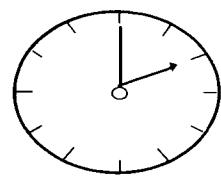
66

66

66

65

估计的当地中午时间



0

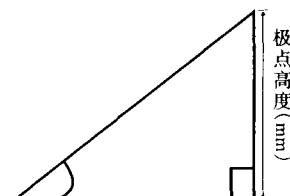
4

8

12

16

20



极点高度(mm)

1000

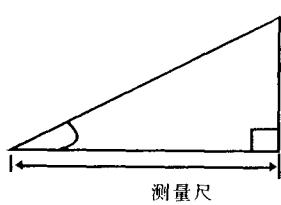
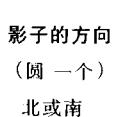
当地中午以后

GPS 天文导航测量记录工作表

姓名

日期

估计的当地中午前后 20 分钟时间内的记录



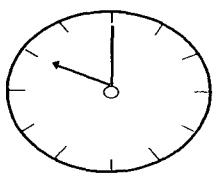
同当地中午的差
(分钟)

当地时间
(时,分)

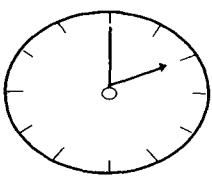
影子长度
(mm)

太阳高度角
(度)

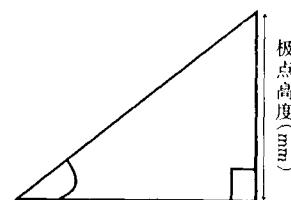
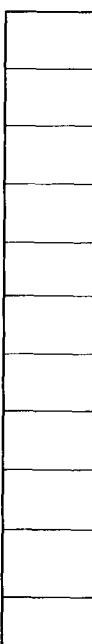
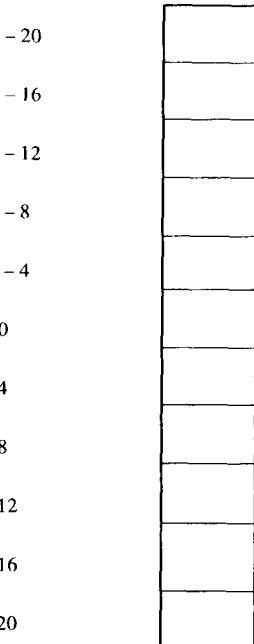
当地中午以前



估计的当地中午时间



当地中午以后



极点高度(mm)

1000

图 GPS - L - 32: 天文导航纬度计算工作表实例

GPS 天文导航纬度计算工作表

姓名	Jordan Malik	日期	1994 年 4 月 19 日
测量数据	我校	他校	
	我们所在纬度	35.3	(度) 我们将计算
	我们所在经度	78	(度) 他们的
	最小影长的世界时	17:12	(小时,分) 17:37 (小时,分)
	最小长度时间时的影长	445	(毫米) 411 (毫米)
(中级)	最小长度时间时的太阳角度	66	(度) 没有 (度)
(高级)	量杆的长度	1000	(毫米) 1000 (度)
	量杆影子的方向	(北) 或南	(北) 或南

计算太阳角度

(只用于高级) 计算的太阳角度 = 反正切(杆长,mm)/影子长度,mm

计算的太阳角度 = 66 (度) 67.5 (度)

高一级的学员整个计算中应当采用计算的太阳角度

计算天顶角 这是在三角形顶部的角度

当你做测量时太阳刚好在赤道的上方的话,那么,天顶角就是你的纬度。

我们所在天顶角 他们所在天顶角

天顶角 = 90(度) - 太阳的角度(度) 24 (度) 22.5 (度)

计算纬度差

因为两个太阳角度测量是在同一天做的,没考虑太阳的位置,

所以,天顶角的差给我们提供了两校间的纬度变化。

我们所在天顶角 他们所在天顶角

1.5 (度) = 纬度变化 = 24 (度) + / - 22.5 (度)

(如果结果是负的,只取绝对值)

如果影子指向不同的方向 +

如果影子指向相同的方向 -

计算他们的纬度

我们所在纬度 纬度差

33.8 (度) = 他们所在纬度 = 35.3 (度) + / - 1.5 (度)

不同的影子方向 -

相同的影子方向,以及:

我们所在太阳角度小 -

他们所在太阳角度小 +

修正后的纬度

他们所在纬度 = 33.8 (度) (北) 或南(圈一个)

如果是负的,那么,他们学校是在和你相反的半球。

GPS 天文导航纬度计算工作表

姓名 Jordan Malik

日期 1994年4月19日

		我校	他校
测量数据	我们所在纬度	<input type="text"/> (度)	我们将计算 他们的
	我们所在经度	<input type="text"/> (度)	
	最小影长的世界时	<input type="text"/> (小时,分)	<input type="text"/> (小时,分)
	最小长度时间时的影长	<input type="text"/> (毫米)	<input type="text"/> (毫米)
(中级)	最小长度时间时的太阳角度	<input type="text"/> (度)	<input type="text"/> (度)
(高级)	量杆的长度	<input type="text"/> (毫米)	<input type="text"/> (度)
	量杆影子的方向	<input type="checkbox"/> 北 或 <input type="checkbox"/> 南	<input type="checkbox"/> 北 或 <input type="checkbox"/> 南

计算太阳角度 计算的太阳角度 = 反正切(杆长,mm)/影子长度,mm

(只用于高级) 计算的太阳角度 = (度) (度)

高一级的学员整个计算中应当采用计算的太阳角度

计算天顶角 这是在三角形顶部的角度

当你做测量时太阳刚好在赤道的上方的话,那么,天顶角就是你的纬度。

我们所在天顶角 他们所在天顶角

天顶角 = 90(度) - 太阳的角度(度) (度) (度)

计算纬度差 因为两个太阳角度测量是在同一天做的,没考虑太阳的位置,

所以,天顶角的差给我们提供了两校间的纬度变化。

我们所在天顶角 他们所在天顶角

(度) = 纬度变化 = (度) + / - (度)

(如果结果是负的,只取绝对值) 如果影子指向不同的方向 +

如果影子指向相同的方向 -

计算他们的纬度

我们所在纬度 纬度差

(度) = 他们所在纬度 = (度) + / - (度)

不同的影子方向 -

相同的影子方向,以及:

我们所在太阳角度小 -

他们所在太阳角度小 +

修正后的纬度

他们所在纬度 = (度) 或南(圈一个)

如果是负的,那么,他们学校是在和你相反的半球。

图 GPS - L - 33: 天文导航经度计算工作表实例

GPS 天文导航经度计算工作表

姓名 <u>Jordan Malik</u>	日期 1994 年 4 月 19 日																												
	我校 他校																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <td style="width: 20%;">测量数据</td> <td style="width: 40%;">我们所在纬度</td> <td><input type="text" value="35.3"/> (度)</td> <td>我们将计算</td> </tr> <tr> <td></td> <td>我们所在经度</td> <td><input type="text" value="78"/> (度)</td> <td>他们的</td> </tr> <tr> <td></td> <td>最小影长的世界时</td> <td><input type="text" value="17:12"/> (小时, 分)</td> <td><input type="text" value="17:37"/> (小时, 分)</td> </tr> <tr> <td>(中级)</td> <td>最小长度时间时的影长</td> <td><input type="text" value="445"/> (毫米)</td> <td><input type="text" value="411"/> (毫米)</td> </tr> <tr> <td>(高级)</td> <td>最小长度时间时的太阳角度</td> <td><input type="text" value="66"/> (度)</td> <td><input type="text" value="没有"/> (度)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>量杆的长度</td> <td><input type="text" value="1000"/> (毫米)</td> <td><input type="text" value="1000"/> (度)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>量杆影子的方向</td> <td><input type="text" value="东或南"/></td> <td><input type="text" value="北或南"/></td> </tr> </table>		测量数据	我们所在纬度	<input type="text" value="35.3"/> (度)	我们将计算		我们所在经度	<input type="text" value="78"/> (度)	他们的		最小影长的世界时	<input type="text" value="17:12"/> (小时, 分)	<input type="text" value="17:37"/> (小时, 分)	(中级)	最小长度时间时的影长	<input type="text" value="445"/> (毫米)	<input type="text" value="411"/> (毫米)	(高级)	最小长度时间时的太阳角度	<input type="text" value="66"/> (度)	<input type="text" value="没有"/> (度)		量杆的长度	<input type="text" value="1000"/> (毫米)	<input type="text" value="1000"/> (度)		量杆影子的方向	<input type="text" value="东或南"/>	<input type="text" value="北或南"/>
测量数据	我们所在纬度	<input type="text" value="35.3"/> (度)	我们将计算																										
	我们所在经度	<input type="text" value="78"/> (度)	他们的																										
	最小影长的世界时	<input type="text" value="17:12"/> (小时, 分)	<input type="text" value="17:37"/> (小时, 分)																										
(中级)	最小长度时间时的影长	<input type="text" value="445"/> (毫米)	<input type="text" value="411"/> (毫米)																										
(高级)	最小长度时间时的太阳角度	<input type="text" value="66"/> (度)	<input type="text" value="没有"/> (度)																										
	量杆的长度	<input type="text" value="1000"/> (毫米)	<input type="text" value="1000"/> (度)																										
	量杆影子的方向	<input type="text" value="东或南"/>	<input type="text" value="北或南"/>																										

时间	最小影长的世界时	我们的	他们的
	<input type="text" value="17:12"/> (小时, 分)	<input type="text" value="17:37"/> (小时, 分)	
换算成天, 分钟 = 小时 × 60 + 分钟		<input type="text" value="1032"/> (分钟)	<input type="text" value="1057"/> (分钟)
<input type="text" value="25"/> (分钟)	= 时间差 =	<input type="text" value="1032"/> (分钟)	<input type="text" value="1057"/> (分钟)
(如果结果是负的, 只取绝对值)			

计算他们的经度	6.3 (度) = 经度差 =	时间差 <input type="text" value="25"/> (分钟)	
	4(地球每转一度需要的时间, 分钟)		
<input type="text" value="84.3"/> (度) = 他们所在经度 =		<input type="text" value="78"/> (度) + / -	<input type="text" value="6.3"/> (度)
如果我们是在东半球, 而且			
如果我们的影子较短较早 -			
如果我们的影子较长较迟 +			
如果我们是在西半球, 而且			
如果我们的影子较短较早 +			
如果我们的影子较长较迟 -			

修正后的经度	如果他们的经度 < 0 度, 那么, 他们是穿过了本初子午线		
	(结果取正值, 并在你的相反的半球)		
如果他们的经度 > 180 度, 那么, 他们是穿过了国际日期变更线			
(减去年 360 度, 结果取正值, 并在你的相反的半球)			
他们的经度 = <input type="text" value="84.3"/> (度) 东 或者 <input checked="" type="radio" value="西"/>			

GPS 天文导航经度计算工作表

姓名 Jordan Malik

日期 1994 年 4 月 19 日

我校

他校

测量数据 (中级) (高级)	我们所在纬度	<input type="text"/> (度)	我们将计算 他们的
	我们所在经度	<input type="text"/> (度)	
	最小影长的世界时	<input type="text"/> (小时,分)	<input type="text"/> (小时,分)
	最小长度时间时的影长	<input type="text"/> (毫米)	<input type="text"/> (毫米)
	最小长度时间时的太阳角度	<input type="text"/> (度)	<input type="text"/> (度)
	量杆的长度	<input type="text"/> (毫米)	<input type="text"/> (度)
	量杆影子的方向	北 或 南	北 或 南

时间	最小影长的世界时	我们的	他们的
		<input type="text"/> (小时,分)	<input type="text"/> (小时,分)
	换算成天,分钟 = 小时 × 60 + 分钟	<input type="text"/> (分钟)	<input type="text"/> (分钟)
<input type="text"/> (分钟)	= 时间差 =	<input type="text"/> (分钟)	<input type="text"/> (分钟)
(如果结果是负的,只取绝对值)			

计算他们的经度

$$\boxed{\quad} \text{ (度)} = \text{经度差} = \frac{\text{时间差 } \boxed{\quad} \text{ (分钟)}}{4 \text{ (地球每转一度需要的时间,分钟)}}$$

$$\boxed{\quad} \text{ (度)} = \text{他们所在经度} = \boxed{\quad} \text{ (度)} + / - \boxed{\quad} \text{ (度)}$$

如果我们是在东半球,而且

如果我们的影子较短较早 -

如果我们的影子较短较迟 +

如果我们是在西半球,而且

如果我们的影子较短较早 +

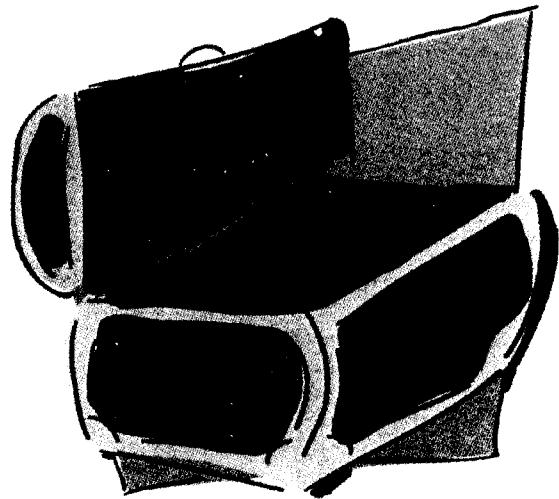
如果我们的影子较短较迟 -

修正后的经度

如果他们的经度 < 0 度,那么,他们是穿过了本初子午线
(结果取正值,并在你的相反的半球)

如果他们的经度 > 180 度,那么,他们是穿过了国际日期变更线
(减去 360 度,结果取正值,并在你的相反的半球)

他们的经度 = (度) 东 或者 西



- * 数据工作表
- * 辅助测量数据表
- * 词汇表
- * GLOBE 网上数据录入表

GPS 调查

数据工作表

地点名称: _____

数据记录人: _____

学校名称: _____

记录时间: ____ 年 ____ 月 ____ 日

学校地址: _____

圈上研究点: 生物学 土地覆盖 水文学 大气 土壤湿度

土壤特征 学校 或其它地点: _____

观测记录之间至少等待 1 分钟。下列数据是从接收器 Magellan Traiblazer XL 的“位置 1”显示屏上记录下来的。

OBS	纬度 度 分 N/S	经度 度 分 W/S	海拔 (m)	时间 时:分:秒 UT	#卫星数	信息图标 (当出现时圈上)
1	33 46.55 N	84 23.84 W	318	14:33:00	4	<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
2						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
3						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
4						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
5						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
6						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
7						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
8						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
9						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
10						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
11						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
12						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
13						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
14						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>
15						<input checked="" type="checkbox"/> 2D <input type="checkbox"/>

UNAVCO 纬度 经度 海拔
 (303) 497 - 8003
 gretchen@ unavco. ucar. edu
<http://www.unavco. ucar. edu>

UNAVCO / Globe
 Magellan
 Traiblazer XL
 UNAVCO 号码

GPS 接收器提供者
 或 你
 厂家
 型号
 序列号

GPS 调查

辅助测量数据表

测量

从辅助点

测量的 纬度 = 度

圈第一个

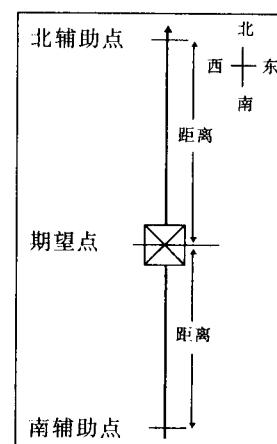
分
 分

北或南
西或东

测量的 经度 = 度

从你的点, 向 (北或南)

距离 = 米



计算

纬度改变

米

= 分

1855 米/分

- 如果辅助点离赤道较远

+ 如果辅助点离赤道较近

你地点的纬度 = +/- = 分

(接近 0.01 分) = 分

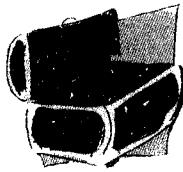
纬度

期望点 = 度 分 (北或南)

期望经度 = 度 分 (西或东)

(与辅助点经度相同)

词汇表



准确度(accuracy)

测量值与真实值之间的差值。

平均(average)

用一个数来描述一组数的一种方法。平均值是通过一组数的和除以该组数的个数求得的。

二分点(equinox)

一年中太阳处于赤道正上方的两个时间之一，一般发生在3月21日(春分)和9月23日(秋分)。这时白天和黑夜的时间相等。

全球定位系统(GPS)

全球定位系统是一个导航系统，它包括运行于20200公里上空六个轨道上的24颗卫星，通过对GPS卫星信号的时间测量，接收系统可以测出接收点的经度、纬度和高度。

直方图(histogram)

一个频率分布图，指出一组数中某个数出现的频率。

纬度(latitude)

衡量行星赤道到南和北的角度尺度，以“度”为单位。赤道上的纬度为0度，从地球赤道到南、北两极为90度。

经度(longitude)

衡量绕行星的旋转轴由东到西的角度尺度。地球的本初子午线(0度经度线)为穿过英国格林威治的南北线，为0度线，从本初子午线到国际日期变更线为180度。

磁性罗盘, 指南针(magnetic compass)

可以显示小磁针偏转方向的一种便携式仪器。因为地球如同一个巨大的磁铁，使罗盘中的小磁针指向地球的磁极，一般指向南北。

磁差(magnetic variation)

也称磁偏角，是指在某一地区地球的磁轴

与转轴之间的夹角。它以磁针指向的北极与地球真正的北极偏东或偏西的角度表示。地球的北磁极在缓慢变动，目前在距北极大约11度的加拿大西北地区。此外，地球局部地区的磁性材料组成的差异也会对该地区的磁场构成干扰。具体情况可以参见导航图。

子午线(meridian)

环绕地球表面并同时穿过两极和赤道的圆，它构成了两极之间的等经度线。

导航(navigation)

确定运行过程、位置和距离的科学与技术。

辅助点(offset site)

处于一个点的正南或正北的另一点，在该点我们能成功地进行GPS测量。

位置(positions, locations)

绝对位置，以一个固定点为参照点来测量；

相对位置，以一个任意点(如你的位置)为参照点来测量。

铅锤(plumb bob)

由一个重物拉成的垂直绳线。重物过去常用铅制成。

精密度(precision)

表征一个测量值的重现性，即如果进行多次测量，单次测量值与多次测量的总体平均值之间的差距有多大。

分辨率(resolution)

仪器可以表征的最小变化量。

卫星(satellite)

环绕一个大天体运行的任何天体。

至点(solstice)

一年中太阳离地球赤道最远的两个时间，通常发生在每年的6月21和12月22日。如果此时你离太阳近，你所在地区就会出现一年中最长的白天(夏至)；如果你离太阳远，你所在地区就会出现一年中最短的白天(冬至)。

太阳角(sun angle)

地平线(地面)与太阳间的夹角。有时被称为高度角。

三角学(trigonometry)

研究三角形、三角函数及其应用的学科。利用三角学，我们可以把角度和三角形的各个边联系起来。

天顶角(zenith angle)

垂直线和太阳间的夹角。在航行学中，也称作天顶距。当春分和秋分时，天顶角就是纬度值。不管我们在什么位置，天顶总是正在我们的头顶上。太阳角与天顶角之和为90度。

圆的单位、距离及其相互关系

度($^{\circ}$)(degree)

一个圆可被分成 360° 。小于一度的数可用小数(如 25.2525°)或用整度、分和秒(如 $25^{\circ}15'9''$)表示。

分(弧分, ')(minute, arc minute)

一度可以分成60分。所以一个圆是 $360 \times 60 = 21600$ 弧分($21.600'$)。

秒(弧秒, '')(second, arc second)

一分可以分成60秒。所以一度等于 $60 \times 60 = 3600$ 弧秒或一个圆是1296000弧秒。

弧度(radian)

弧长等于圆半径的弧称为一弧度，度数可用对应的圆心角的度数表示。因为圆周长 $= 2\pi \times$ 半径，圆周又分为 360° ，所以每一弧度 $= 57.3^{\circ}$ 。

比如 $25^{\circ}15'9'' = 25.2525^{\circ} = 0.4407$ 弧度。 π 是个无理数，已经被计算到几百万个数字，在这里取其值为3.141592653590。这样，用其计算像太阳系那么大的圆周时，只产生小于一米的误差。

时间参照系

当地太阳正午(local solar noon)

你所在地的太阳角处于最大值的时间。这个时间对你所在地区是特有的，一年中它的变化范围是半小时。

平时(mean time)

以前叫民用时，就是通常时钟上显示的时间。它是一年中在各个时区观测到的太阳最高点的平均时间。每个时区与其相邻的时区相差1小时或相差 15° 的经度，为了满足本地的需要，有的当地政府定义自己的经度时稍微有点出入。也可以根据你距 0° 经度线的距离来确定你的民用时(以 15° 的递增值或时区的数目表示)。

协调时(universal time)

也可以用UT、Zulu或GMT(格林威治时间)表示，是一年中在地球的零经度线上观测到的太阳最高点的平均时间。

地球的旋转轴偏离

地球公转轨道平面 23.5° 的后果

北极圈和南极圈(Arctic and Antarctic circles)

分别指北纬和南纬 66.5° 到北极和南极之间的地区，这两个地区在冬季和夏季将出现极昼和极夜现象。

北回归带和南回归带(Tropics of Cancer and Capricorn)

分别指北纬和南纬 23.5° 到赤道之间的地区，只有在这一地区太阳才有可能直射地面。

GLOBE 网上数据输入表



确定研究地点

- 学校方位地点
- 温度、降雨量以及云观察地点
- 地表水测量地点
- 土壤特性分析地点
- 土壤湿度测量地点
- 生物观察地点

为确定土地覆盖调查研究的地点,请单击这些图标,打开土地覆盖定量分析或土地覆盖定性分析。

输入

取消



NOAA/Forecast Systems Laboratory, Boulder, Colorado

GPS 调查



学校位置数据输入表

测量时间:

年: [] 月: [] 选择 [] 日: [] 时: [] UT

当地时间: 1997 年 6 月 18 日, 21 UT

地点名: 学校名称

请尽可能多地提供以下资料。又得到一些资料时, 请单击 按钮, 并进到“Edit a Study Site”对话框。

数据源: GPS 其他

纬度: [23] 度 [35.0] 分 赤道北 赤道南

(以 23 度 35.0 分的格式, 输入数据, 并注明是北还是南。)

经度: [56] 度 [12.0] 分 本初子午线东 本初子午线西

(以 56 度 12.0 分的格式, 输入数据, 并注明是东还是西)

标高: [0] 米

输入 取消



NOAA / Forecast Systems Laboratory, Boulder, Colorado